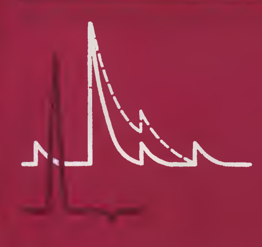


БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА



А. Д. ШАИН, А. Г. ЛЕВИН

НАЛАДКА УСТРОЙСТВ ТЕЛЕМЕХАНИКИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ



Библиотека
ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Основана в 1959 г.

Выпуск 511

А. Д. ШАИН, А. Г. ЛЕВИН

НАЛАДКА УСТРОЙСТВ ТЕЛЕМЕХАНИКИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ



МОСКВА ЭНЕРГИЯ 1980

ББК 32.968
Ш 17
УДК 621.398.001.42

Ш 17 **Наладка** устройств телемеханики на промышленных предприятиях. — М.: Энергия, 1980. — 96 с., ил. — (Б-ка электромонтера; Вып. 511).
25 к.

В книге рассматриваются принципы построения устройств телеуправления, телесигнализации и телеизмерения, применяемых на промышленных предприятиях, приводятся основные функциональные узлы систем телеуправления и телесигнализации и системы телеизмерения. Рассмотрены методы их наладки, встречающиеся неисправности, способы их устранения; измерительные приборы, применяемые при наладке; порядок обслуживания во время эксплуатации.

Книга предназначена для электромонтеров, мастеров, занимающихся наладкой и эксплуатацией устройств телемеханики на промышленных предприятиях.

Ш $\frac{30312\text{-}473}{051(01)\text{-}80}$ 92-80. 2302050000 ББК 32.968
6Ф6.8

АЛЕКСАНДР ДАВИДОВИЧ ШАИН,
АЛЕКСАНДР ГРИГОРЬЕВИЧ ЛЕВИН

НАЛАДКА УСТРОЙСТВ ТЕЛЕМЕХАНИКИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Редактор Г. А. Гельман
Редактор издательства И. И. Лобысева
Обложка художника Т. Н. Хромовой
Технический редактор В. В. Хапаева
Корректор Г. А. Полонская
ИБ № 798

Сдано в набор 20.08.80 Подписано в печать 24.10.80 Т-17679
Формат 84×108[1]/32 Бумага типографская № 1 Гарн. шрифта литературная
Печать высокая Усл. печ. л. 5,04 Уч.-изд. л. 5,04
Тираж 20 000 экз. Заказ 736 Цена 25 к.

Издательство «Энергия», 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Московская типография № 10 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

ПРЕДИСЛОВИЕ

Для современных промышленных предприятий характерно развитие комплексной автоматизации производства и внедрение систем автоматического управления. Внедрение комплексной автоматизации производства требует современного контроля и управления процессами и надежной передачи информации от территориально разобщенных объектов. Одним из видов технических средств, выполняющих указанные функции, являются устройства телемеханики.

В районных энергетических системах и на железнодорожном транспорте средства телемеханики применяются давно, поэтому там имеется большой опыт ввода в работу и эксплуатации устройств телемеханики. На промышленных предприятиях средства телемеханики широко внедрять стали сравнительно недавно. Это вызывает необходимость ознакомления персонала промышленных предприятий и наладочных организаций с принципами построения и работой промышленных устройств телемеханики, а также принципами их наладки.

При подготовке книги авторы использовали инструкции заводов-изготовителей и опыт наладки устройств телемеханики объединением Союзхимпромэнерго.

В книге приводятся краткие описания и методы наладки телемеханических устройств, чаще всего применяемых для телемеханизации систем энергоснабжения промышленных предприятий.

Замечания и пожелания читателей просим направлять в адрес изд-ва «Энергия»: 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

Авторы

1. ПРОМЫШЛЕННЫЕ УСТРОЙСТВА ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ И ТЕЛЕСИГНАЛИЗАЦИИ

УСТРОЙСТВО ТИПА УТМ-1

Релейно-контактное устройство телемеханики типа УТМ-1 предназначено для телеуправления и телесигнализации коммутационного оборудования. Устройство нашло широкое применение на промышленных предприятиях для диспетчеризации энергоснабжения. Устройство может выполнять следующие функции:

телесигнализацию (ТС) положения двухпозиционных объектов (включено, отключено), кроме того, передачу кратковременно действующих сигналов (КДС, например, аварийной и предупредительной сигнализации);

телеуправление (ТУ) двухпозиционными объектами (включение, отключение);

вызов объектов телеизмерения (ТИ) и подключение преобразователей (первичных приборов) на контролируемом пункте (КП) и приемных приборов на пункте управления (ПУ) к отдельной линии связи (ЛС);

запрос оператором циркулярной известительной сигнализации с КП на ПУ;

ретрансляцию известительных сигналов (ИС) и приказов при использовании дополнительной приставки типа РПУ-1.

Полная емкость устройства позволяет осуществить передачу 23 двухпозиционных ИС, в том числе до 9 КДС, 16 двухпозиционных команд ТУ, 10 однопозиционных команд на вызов объектов ТИ.

Передача команд и известительной сигнализации может осуществляться по кабельным и воздушным линиям связи, по частотно-уплотненным и высокочастотным каналам связи по линиям электропередачи.

Питание полукомплекта ПУ осуществляется от любого стабилизированного источника постоянного тока напряжением 60 В с коэффициентом пульсации не более

5%, питание полукомплекта КП осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В, 50 Гц.

Дальность действия устройства определяется сопротивлением линии связи и током ее утечки. Допустимое сопротивление проводов отдельной линии связи должно быть не более 4000 Ом. Для устройства, обслуживающего несколько КП, допустимое сопротивление ЛС 1500 Ом, при этом сопротивление утечки между проводами должно быть более 100 000 Ом.

В устройстве применен распределительный метод избирания с временным импульсным признаком. Избирание объекта происходит в зависимости от наличия или отсутствия в ЛС удлиненной паузы. Устройство относится к системам спорадического действия.

Рассмотрим действие устройства при работе с одним КП. Принципиальные схемы полукомплектов ПУ и КП приведены на рис. 1 и 2 соответственно.

При каждой телемеханической операции (телеуправление, телесигнализация и т. п.) распределители совершают полный цикл переключений. Импульсная серия в ЛС всегда состоит из постоянного числа импульсов и пауз и не зависит от характера операции. Диаграммы импульсных серий изображены на рис. 3.

Телесигнализация положения двухпозиционных объектов. К цепям запуска и кодирования на КП подключены вспомогательные контакты *1ВК*—23 *ВК* двухпозиционных объектов. Любое изменение состояния объекта, а следовательно, и вспомогательного контакта приводит к автоматическому запуску устройства.

При замыкании или размыкании вспомогательного контакта объектов ТС отпускает реле *НИ* и своим контактом включает реле *ИП*: последнее запускает генератор импульсов (реле *1П*, *2П*) и переводит схему в режим известительной передачи. Удлиненные паузы на *КП* образуются с помощью реле *Д*. При замкнутом вспомогательном контакте объекта на кодирующую цепь подается «плюс» источника питания, при этом в линию связи поступает короткая пауза, а при разомкнутом вспомогательном контакте «плюс» отсутствует и в ЛС поступает удлиненная пауза.

На предварительной паузе $T_{пр}$ схема полукомплекта *ПУ* подготавливается к приему. При этом на пульте диспетчера гаснет лампа готовности устройства *ЛГ*. Все сигнальные реле *1С—23С* отпадают. Отключается

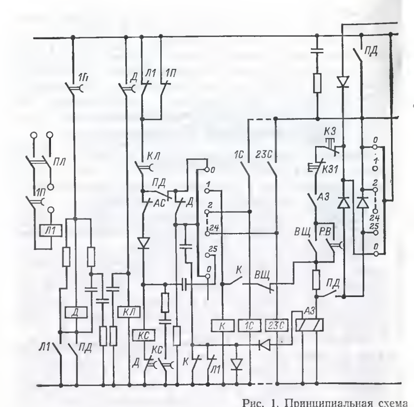
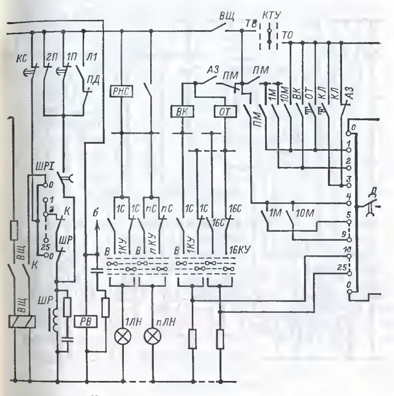


Рис. 1. Принципиальная схема

питание ламп несоответствия (ЛН) на время приема известительного кода.

Первая пауза $T_к$ всегда удлиненная и служит для контроля исправности узла образования удлиненных пауз на *КП*. На *ПУ* фиксацию удлиненных пауз осуществляет реле *Д*. На 25-м шаге распределителя искатель переводит щетки с 25-й пластины на нулевую. На 26-мимпульсе, переходящим в ток покоя, производится контроль правильности кода, после чего реле *С* подтягиваются или остаются в отпущенном состоянии в зависимости от положения вспомогательных контактов объектов ТС. После квитирования соответствующего ключа (символа) лампа гаснет. Приход известительной сигнализации сопровождается включением на



полукомплекта ПУ УТМ-1.

ПУ общих вызывных сигналов — звукового и светового.

Кратковременно действующие сигналы. Контакты объектов с КДС подключаются на полукомплекте КП к реле *МС*. Контакты реле *МС* включаются так же, как и вспомогательные контакты объектов ТС.

При появлении КДС срабатывают соответствующие реле *МС* и самоблокируются. При этом цепь запуска и кодирования разрывается контактом реле *МС*, в известительной серии появляется удлиненная пауза на соответствующем шаге распределителя. На диспетчерском щите загораются соответствующие сигнальные лампы. Одновременно работает общий вызывной сигнал. Работа устройства при передаче КДС аналогична работе при передаче ТС.

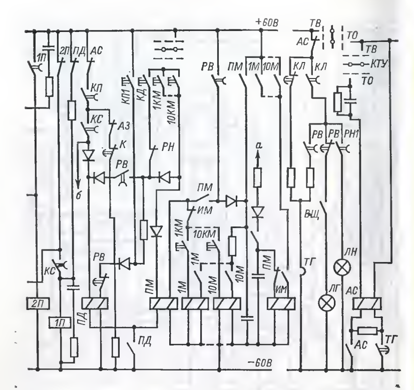


Рис. 1. Продолжение.

Для снятия светового сигнала производят квитирование, для чего на пульте ПУ нажимают кнопку *КД*. При этом проходит распорядительная серия, которая содержит две удлиненные паузы. На первой удлиненной паузе происходит подготовка деблокировки реле *МС* на КП, а на второй — исполнение приказа. На КП срабатывает реле *РД* и своими контактами разрывает цепь блокировки. Реле *МС* отпадает и замыкает контакты в цепи запуска и кодирования, на ПУ поступает известительная серия, в которой нет удлиненной паузы, в результате чего на ПУ гаснет сигнальная лампа.

Телеуправление. Передача команд ТУ производится двумя операциями: включением соответствующего ключа *1КУ—16КУ* для выбора объекта и характера операции (включить, отключить) и нажатием кнопки КП, служащей для разрешения исполнения. При этом

в соответствующем символе загорается лампа ровным светом, а также загорается общая лампа несоответствия. Кодирование на ПУ производится так же, как и при известительной передаче с КП.

В импульсной серии при команде «включить» удлиняется первая пауза, а «отключить» — вторая ($T_{поз}$). Начиная с 10-й паузы передается номер объекта. На КП удлиненные паузы фиксируются реле *Д*. На соответствующих шагах распределителя включаются реле характера операции и объектные реле *У*. На 26-м импульсе происходит проверка правильности кода и составляется цепь включения объектов ТУ. При переключении объекта его вспомогательные контакты воздействуют на цепь запуска и кодирования. Таким образом, с КП на ПУ посылается телесигнализация о выполнении команды ТУ.

Запрос известительной передачи с КП. Для запроса известительной передачи с КП на пульте ПУ нажимается кнопка *КЗ*, при этом отпускает реле *АЗ*. В импульсной серии на третьем шаге распределителя появляется удлиненная пауза. На КП отпускает реле *Д*, конденсатор *СЗ* заряжается. На импульсе реле *Д* срабатывает, в результате чего конденсатор *СЗ* разряжается на реле *НИ*, реле отпадает и запускает схему для передачи известительной сигнализации на ПУ. На 25-м шаге распределителя реле *АЗ* подтягивается.

Следует отметить, что операция запроса осуществляется также каждый раз при нарушении известительной передачи.

Вызов объекта телеизмерения. Для вызова объекта ТИ на диспетчерском пульте нажимается кнопка *КМ* (при кнопочном вызове ТИ). Кодирование на ПУ осуществляется с помощью реле *М*, *ПД* и *ПМ*. В процессе передачи команды ВТИ на полукомплекте КП срабатывают реле *ВК* или *ОТ*, *ОМ* и *М*. В схеме применена групповая структура избирания. На *КП* реле *ВК* и *ОТ* используются для выбора группы. Импульсная серия содержит три удлиненные паузы. На первой или второй паузе выбираются соответствующие группы. С 5-й по 10-ю паузы выбираются объекты ТИ.

При передаче команды ВТИ на ПУ отключается указывающий прибор, а на КП датчик ТИ, при правильном приеме ВТИ на 26-м импульсе срабатывает реле *ИМ* и подключает датчик ТИ к ЛС. После исполнитель-

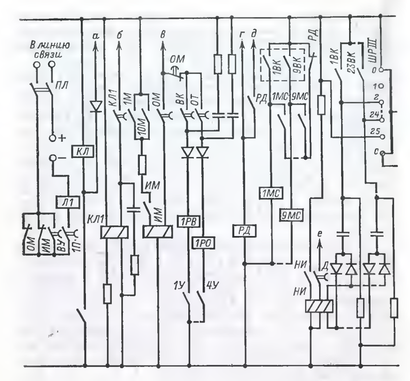


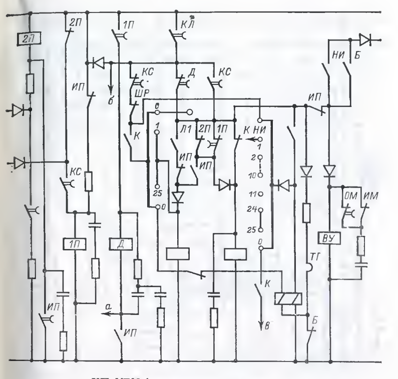
Рис. 2. Принципиальная схема

ного импульса с КП на ПУ посылается квитирующая пауза, разрешающая подключение к ЛС приемных приборов на ПУ.

Защитные и контрольные узлы схемы. Для обеспечения надежной работы устройств ТУ — ТС применены защиты, которые предотвращают неправильные действия устройства как из-за искажения кода, так и из-за повреждений самого устройства:

защита от рассинхронизации движения искателей; принцип действия ее основан на том, что реле *РВ* и *РО* на КП и *ВЩ* на *ПУ*, разрешающие исполнение операции, срабатывают только в исходном положении приемного искателя, т. е. после окончания импульсной серии;

защита от качественных искажений импульсов на ПУ; защита осуществляется реле *КС* или *КА*, что при-



полукомплекта КП УТМ-1.

водит к автоматическому запросу повторной известительной передачи;

защита от несрабатывания сигнальных реле на ПУ; если на удлиненной паузе сигнальные реле не включаются, то произойдет повторный запрос известительной сигнализации с КП;

защита при ТУ и ВТИ на КП; в случае выбора двух или более реле *У* или *М* по окончании импульсной серии исполнения операции не произойдет;

защита при ВТИ: контролирует отмену ранее выбранного объекта ТИ, а также выбор нового объекта;

защита при многократных запусках устройства; при многократных запусках устройства, а также при обрыве ЛС через 0,8—1,2 мин срабатывает термогруппа и замыкает цепь реле *АС*, которое своим контактом обес-

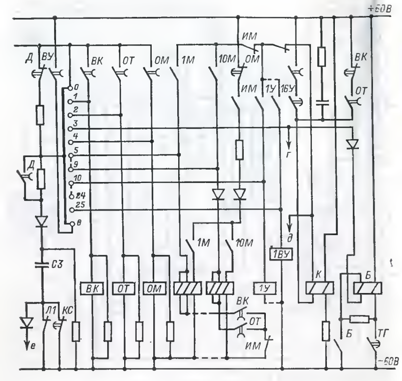


Рис. 2. Продолжение

точивает реле *КС*, и запуски прекращаются.

При кратковременном обрыве *ЛС* (менее 0,8 мин) и последующем восстановлении во время известительной передачи происходит автоматический запрос телесигнализации с КП. Короткое замыкание *ЛС* сигнализируется на ПУ так же, как и обрыв.

Устройство типа ТМЭ-1

Устройство ТУ — ТС типа ТМЭ-1 предназначено для диспетчеризации крупных промышленных предприятий и выполняет функции телеуправления, телесигнализации, телерегулирования (ТР) и вызова ТИ. Устройство состоит из двух полукомплектов ПУ и КП. Каждое устройство в зависимости от модели исполнения может обеспечить передачу от 15 до 45 объектов ТС, от 10 до 40 объектов ТУ, ТР и от 10 до 30 объектов ВТИ. Даль-

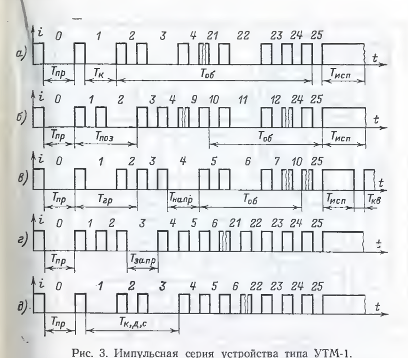


Рис. 3. Импульсная серия устройства типа УТМ-1.

а — известительной передачи; *б* — распределительной передачи при ТУ; *в* — распорядительной передачи при ТИ; *г* — распорядительной передачи при запросе; *д* — распорядительной передачи при квитировании кратковременно действующих сигналов; $T_{пр}$ — предварительная пауза; $T_{к}$ — контрольная пауза; $T_{об}$ — объектный код; $T_{поз}$ — позиционный код; $T_{гр}$ — выбор группы; $T_{исп}$ — разрешение исполнения; $T_{кв}$ — квитирующая пауза; $T_{к, д, с}$ — код квитирования кратковременно действующих сигналов; $T_{запр}$ — код запроса.

ность действия устройства при использовании кабельной ЛС составляет 15 км. Устройство ТМЭ-1 представляет собой бесконтактную систему телемеханики непрерывного действия с синхронным источником питания на ПУ и КП и временным разделением канала связи. Устройство выполнено на магнитных элементах с прямоугольной петлей гистерезиса. В качестве выходных реле применены электромагнитные реле типа РКН на ПУ и МКУ-48 на КП. Структурная схема устройства (рис. 4) содержит следующие основные узлы: распределители импульсов *РИ*; узел запуска распределителя на КП — *УЗ*; передающие и приемные узлы *ПД*, *ПР*; узлы избирания *ИЗ*; индивидуальные реле телесигнализации *ТС*; индивидуальные реле телеуправления, телеизмере-

Рис. 4. Структурная схема устройства ТМЭ-1.

ния *ИР*; реле, осуществляющие подготовку исполнительных реле *РИВ*, *РИО*, *БР*, *МР — 1НУ*, *2НУ*; защитный узел при телеуправлении *КУ*; узел контроля повреждения устройства *СП*; ключи и кнопки объектов телеуправления и вызова телеизмерения *КТ*; вспомогательные контакты объектов телесигнализации *ВК*; выходные цепи сигнализации *ВЦС*; выходные цепи управления ВЦУ.

Принципиальные схемы полукомплектов КП и ПУ приведены соответственно на рис. 5 и 6.

Полукомплекты ПУ и КП соединены между собой двухпроводной ЛС, по которой происходит двусторонняя передача импульсов ТУ — ТС — ВТИ. Количество импульсов, посылаемых в линию связи, и их местоположение в цикле находятся в точном и однозначном соответствии с положением ключей управления и вызова телеизмерения или вспомогательных контактов контролируемых объектов. Импульсы управления и сигнализации воспринимаются соответствующими приемниками на КП и ПУ, и при наличии импульса на определенном шаге распределителя включаются соответствующие бесконтактные реле управления или сигнализации.

В схеме устройства предусмотрены защитные и контрольные узлы, обеспечивающие синхронную работу распределителей, контролирующие включение только одного индивидуального реле на КП и запрещающие исполнение новых приказов в процессе предыдущего приказа при ТУ, а также обеспечивающие сигнализацию при различных повреждениях самого устройства.

В устройстве применен циклический метод синфазирования распределителей. Каждый из распределителей питается от собственного генератора импульсов, а синфазирование осуществляется 1 раз в цикле путем посылки импульса синфазирования с КП на ПУ, который запускает распределитель ПУ. Распределитель КП запускается автоматически при подаче на схему напряжения питания и работает непрерывно, повторяя циклы, так как замкнут в кольцо. Движение распределителей импульсов КП и ПУ, а также передача импульсов управления и сигнализации производятся на противоположных полупериодах питающего напряжения. Поэтому передача сигналов ТУ и прием сигналов ТС могут производиться одновременно. Избирающим признаком при выборе объектов ТУ, ТС, ВТИ, ТР — ВТИ являет-

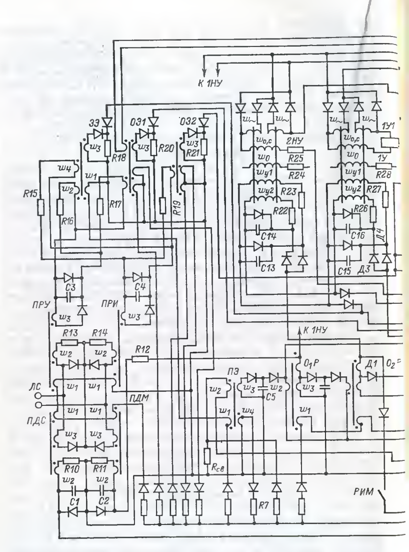
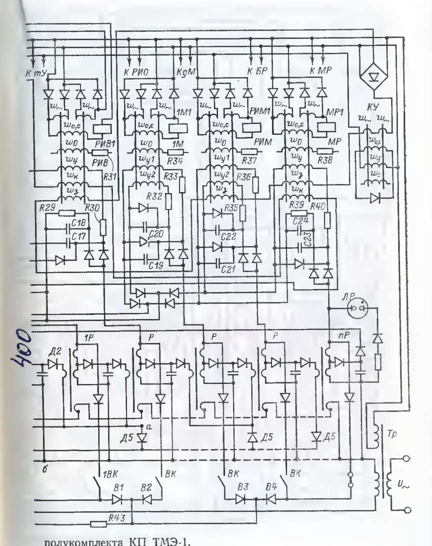


Рис. 5. Принципиальная схема

ся наличие или отсутствие импульсов на соответствующем месте в импульсной серии. Временная диаграмма импульсной серии устройства дана на рис. 7. Положительные полупериоды питающего напряжения заняты импульсами ТУ, ВТИ, ТР — ВТИ, отрицательные же



полукомплекта КП ТМЭ-1.

периоды занимаются импульсами ТС и синфазирующим импульсом СИ.

Выбор объекта ТУ производится тремя импульсами: *1НУ* или *2НУ* (начало управления на отключение или на включение), *ТУ* (определяет номер управляемого

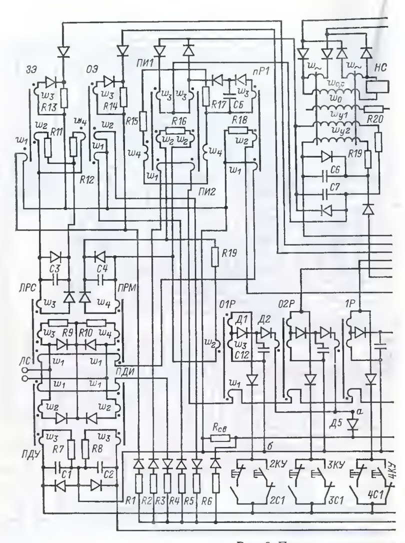
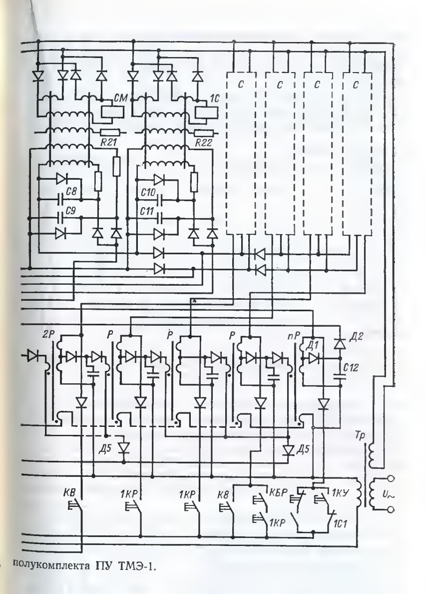


Рис. 6. Принципиальная схема

объекта) и *РИО* или *РИВ* (определяют характер операции—отключить или включить). Импульсы *1НУ*, *2НУ* и соответствующие им импульсы *РИО*, *РИВ* занимают всегда фиксированное положение в импульсной серии. Импульс *ТУ* занимает место в импульсной серии, со-



полукомплекта ПУ ТМЭ-1.

ответствующее выбранному объекту управления как при отключении, так и при включении данного объекта.

Выбор объекта ТИ производится двумя импульсами: *М*, определяющим номер объекта ТИ, и *РИМ*, обеспечивающим подключение к линии ТИ датчиков ТИ на

КП и образование импульса *СМ*. Импульс *СМ* в свою очередь обеспечивает выбор реле *СМ1*, которое осуществляет подключение приемных приборов на ПУ к линии ТИ.

Выбор объекта ТР производится тремя импульсами *1НУ* или *2НУ*, выполняющими ту же функцию, что и при ТУ, *М*, определяющим номер объекта, и *БР* или

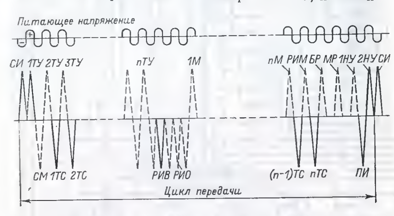


Рис. 7. Временна́я диаграмма импульсной серии устройства ТМЭ-1.

МР, определяющими характер регулирования (больше, меньше). Одновременно с выбором объекта ТР производится выбор объекта телеизмерения.

Телесигнализация положения контролируемых объектов передается одним импульсом *ТС*. Одновременно могут передаваться несколько импульсов *ТС*, в зависимости от состояния вспомогательных контактов контролируемых объектов.

В начале цикла работы распределителя на КП (при срабатывании первого элемента) в ЛС посылается синфазирующий импульс *СИ*, который принимается на ПУ и запускает его распределитель.

В конце цикла работы распределителя на КП в ЛС посылается импульс *ПИ*, который используется для контрольно-защитных целей. В случае, если произошла рассинхронизация распределителей КП и ПУ, отключается сигнализация, на щите загорается контрольная лампа «повреждение устройства» и запрещается передача команд.

УСТРОЙСТВО ТИПА ВРТФ-1

Устройство типа ВРТФ-1 выполняет те же функции, что и ТМЭ-1, и состоит из двух полукомплектов — ПУ и КП, причем устройства ТС и ТУ выполнены независимо. Каждое устройство в зависимости от модели исполнения может обеспечить передачу до 48 объектов ТС, до 40 объектов ТУ и до 15 объектов ТР — ВТИ.

Устройство ВРТФ выполнено на магнитных элементах с прямоугольной петлей гистерезиса, а также на полупроводниковых диодах и триодах. Устройство работает по частотным дуплексным каналам связи с шириной полосы 120—140 Гц, может также работать по проводным или кабельным линиям, по телефонным линиям связи. Относится к устройствам распределительного типа с временным разделением каналов связи. Избирающий импульсный признак — время (длительность импульса или паузы). В устройстве применена пошаговая синхронизация распределителей. Имеется генератор импульсов только на передающей стороне. На каждом шаге движения распределителя в канал связи поступает импульс, который является тактовым для приемной стороны. Количество импульсов в цикле одинаковое, а импульсы движения совмещены с импульсами избирания. Циклы следуют непрерывно один за другим, разделяясь синфазирующим импульсом.

Устройство изготовляется в блочном исполнении. Для контроля импульсных характеристик блоков предусмотрены выносные жгуты с электрическими соединителями. Каждый блок можно установить на выносной жгут, после чего облегчается доступ ко всем элементам блока. Питание осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В. Импульсные серии устройства приведены на рис. 8.

Импульсная серия ТС содержит синфазирующий импульс *СИ*, тактовые импульсы и удлиненные паузы сигнализации. Тактовые импульсы имеют длительность *t*, паузы сигнализации — 3 *t*, а синфазирующий импульс — 6 *t*. За один цикл передаются позиции всех объектов сигнализации. Продолжительность цикла зависит от состояния контролируемых объектов. Если все объекты включены, то время цикла максимальное, если выключены — минимальное.

Импульсная серия ТУ содержит синфазирующий импульс, избирающую паузу начала управления (*НУ*),

избирающую паузу характера операции (*ВК*, *ОТ*) и избирающую паузу номера объекта. За один цикл передачи можно управлять одним объектом.

Импульсная серия ТР — ВТИ содержит синфазирующий импульс, избирающий импульс начала телеизмерения (*НИ*), импульс регулирования (*РБ*, *РМ*) и избирающий импульс номера объекта регулирования.

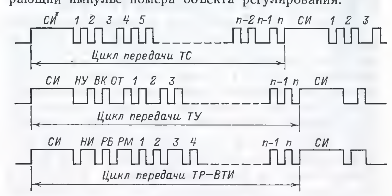


Рис. 8. Временные диаграммы импульсной серии устройства ВРТФ-1.

Функция ТР — ВТИ осуществляется аппаратурой ТУ. Структурная схема работы устройства в режиме ТС (рис. 9) содержит следующие основные узлы: распределители импульсов *РИ*; формирователи импульсов движения *ФИД*; узел автоматического запуска *АЗ*; формирователь синфазирующего импульса *ФСИ*; формирователь селективной паузы *ФСП*; вспомогательные контакты объектов телесигнализации *ВК*; генератор импульсов ГИ; блок частотного уплотнения передающий *БЧУД*; блок частотного уплотнения приемный *БЧУП*; линейный триггер *ЛТ*; усилитель-ограничитель *УО*; селектор синфазирующего импульса *ССИ*; селектор селективной паузы *ССП*; триггер схемы совпадения *ТСС*; блок контрольно-защитных узлов *БКЗУ*; блок триггеров сигнализации БТС.

Структурная схема работы в режиме *ТУ* аналогична структурной схеме ТС. Отличие в том, что за цикл передачи для повышения надежности посылается только одна команда и каждый код ТУ должен содержать три удлиненные паузы. На приемной стороне имеется контроль и защита от исполнения двух приказов за один цикл передачи.

На рис. 10 приведена принципиальная схема ТС полукомплекта КП. Генератор импульсов собран на транзисторах *T1*, *T2* и представляет собой мультивибратор. Мультивибратор вырабатывает импульсы прямоугольной формы. Длительность импульсов зависит от постоянной времени цепей *R3—C1*, *R4—C2*. На выходе генератора импульсов через дифференцирующие трансфор-

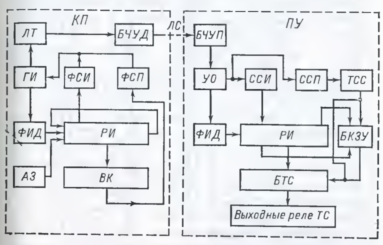


Рис. 9. Структурная схема ТС устройства ВРТФ-1.

маторы *Тр1* и *Тр2* подключены транзисторы *Т3*, *Т4*, являющиеся формирователями импульсов движения. Импульсы движения поступают в тактовые цепи распределителя импульсов. Распределитель импульсов (РИ) собран на ферритовых сердечниках по схеме феррит-диодного двухтактного РИ и имеет две тактовые цепи — четную и нечетную. От формирователя импульсов в тактовые цепи непрерывно поступают импульсы, смещенные относительно друг друга на один такт. При включении питания блок автоматического запуска распределителя, собранный на ферритах *К*, *Г1* и *В*, вводит «единицу» в первый элемент РИ. На нечетном тактовом импульсе элемент *1Р* срабатывает и на его выходной обмотке *6-7* возникает импульс подготовки элемента *2Р*. На следующем четном тактовом импульсе срабатывает элемент *2Р* и т. д. Поскольку РИ замкнут в кольцо, то после включения питания он работает непрерывно. При срабатывании (*n*—1) *Р* элемента РИ на его выходной

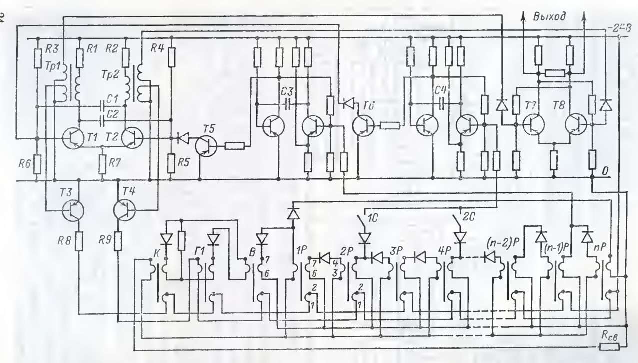


Рис. 10. Принципиальная схема ТС полукомплекта КП ВРТФ-1.

обмотке *6—7* возникает импульс, воздействующий на ждущий мультивибратор узла формирования синфазирующего импульса. С выхода узла *ФСИ* через транзистор *Т5* импульс воздействует на *ФИД*, в результате чего на выходе линейного триггера образуется синфазирующий импульс *СИ* длительностью 6*t*.

При срабатывании четных элементов РИ при замкнутом вспомогательном контакте контролируемого объекта происходит воздействие на ждущий мультивибратор узла формирования селективной паузы *ФСП*. С выхода узла *ФСП* через транзистор *Т6* импульс воздействует на *ФИД*, в результате чего на выходе линейного триггера образуется удлиненная пауза номера объекта.

На рис. 11 приведена принципиальная схема ТС полукомплекта ПУ. Импульсы из ЛС поступают на вход усилителя-ограничителя, выполненного на транзисторах *Т1*, *Т2*. С выхода *Т2* импульсы поступают на селектор синфазирующего импульса, выполненный на транзисторах *Т4*, *Т6*, *Т7*, и на селектор селективной паузы, выполненный на транзисторе *Т3*. На выходе *Т7* импульс появляется один раз в цикл при приходе из ЛС удлиненного синфазирующего импульса. Через трансформатор *Тр1* этот импульс подготавливает элемент распределителя *1Р*. Распределитель запускается и работает синхронно с распределителем КП. Импульсы движения формируются и усиливаются транзисторами *Т5, Т10—Т13*. С *Т13* импульсы движения поступают в нечетные элементы распределителя, а с *Т12* в четные.

На выходе селектора селективной паузы импульсы появляются при приходе из ЛС удлиненной паузы. Эти импульсы воздействуют на триггер схемы совпадения (*Т8, Т9*). При отсутствии в ЛС удлиненных пауз транзистор *Т8* открыт, *Т9* — закрыт. Импульс распределителя не может пройти по цепям эмиттер-база левых транзисторов *Тг1—Тгn*, так как эти цепи зашунтированы открытым транзистором *Т8*. Импульс от распределителя проходит от конца обмотки *6—7* через резистор *R0*, эмиттер-базу правых транзисторов, диод *Д2*, резистор *R2* к началу обмотки *6—7*. В этом случае правые транзисторы всех триггеров *Тг1—Тгn* открыты, а сигнальные реле *1С—nС* включены. При наличии удлиненной паузы в ЛС транзистор *Т8* закрывается, *Т9* открывается. В этом случае импульс от распределителя переводит соответствующий триггер сигнализации в рабочее поло-

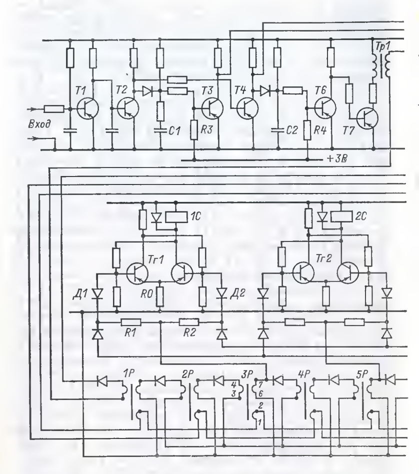
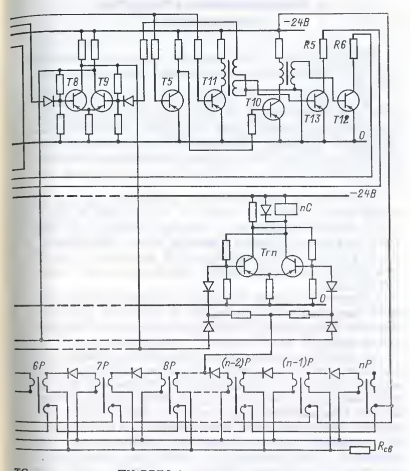


Рис. 11. Принципиальная схема

жение, а сигнальное реле, переключаясь, сигнализирует на диспетчерский щит об изменении состояния того или иного объекта.

На принципиальных схемах ТС полукомплектов ПУ и КП показаны основные узлы устройства ВРТФ-1. На схемах не показаны блоки стабилизации и питания, узлы контроля работы распределителей, узлы контроля канала связи и синхронной работы, защитные узлы, блоки частотного уплотнения и полосовые фильтры.



ТС полукомплекта ПУ ВРТФ-1.

Принципиальная схема ТУ аналогична схеме ТС за некоторым исключением, поэтому здесь не рассматривается.

В настоящее время выпускается новая модификация устройства — ВРТФ-3, в которой усовершенствованы некоторые узлы, ненадежно работающие в ВРТФ-1. Так, изменены схема кодирования ТС на КП, схема селекторов импульсов и пауз и некоторые другие узлы. Однако основной принцип работы устройства остался прежним.

2. ПРОМЫШЛЕННЫЕ УСТРОЙСТВА ТЕЛЕИЗМЕРЕНИЯ

Телеизмерение — измерение на расстоянии является одновременно частью измерительной техники и телемеханики.

При дистанционном методе измерений электрических и неэлектрических величин дальность передачи ограничивается погрешностью, вносимой соединительными проводами (падение напряжения, нестабильность электрических параметров), а когда необходимо контролировать большое число параметров — количеством проводов.

В отличие от дистанционных измерений системы ТИ обеспечивают передачу значений измеряемой величины путем преобразования ее в другую, удобную для передачи по каналу связи на значительные расстояния, и последующего преобразования этой величины в показания прибора, который обычно устанавливают на пункте управления.

Применение систем ТИ позволяет значительно уменьшить погрешность при передаче измеряемых величин на большие расстояния, а также многократно использовать линию связи.

На рис. 12 показана функциональная схема системы телеизмерения. Датчик ТИ *1* преобразует контролируемую величину во вспомогательную (например, ток или напряжение), удобную для дальнейшей передачи. Передатчик *2* вспомогательную величину преобразует в величину, приспособленную для передачи по каналу связи *3*. На приемной стороне сигнал поступает на вход приемника *4* и преобразуется в величину, измеряемую приемными приборами *5*. Шкалы приборов градуируются в значениях измеряемого параметра (тока, напряжения, давления и т. д.).

Телеизмерение может осуществляться непрерывно и по вызову с диспетчерского пункта. При ТИ по вызову канал связи многократно используется, а приемный прибор может быть общим для измерения однородных параметров (например, измерение тока на объектах с одинаковыми коэффициентами трансформации). Для вызова ТИ применяют устройства ТС и ТУ.

Системы ТИ можно разделить на дискретные и аналоговые.

Характерной особенностью дискретных систем является преобразование измеряемой величины в импульсы тока или переменный ток меняющейся частоты. Соответственно эти системы ТИ называют импульсными и частотными. В этих системах изменение параметров канала связи не вызывает существенных изменений параметров передачи, поэтому такие системы относятся к системам дальнего действия. В импульсных системах в качестве параметра сигнала используется продолжительность (ширина), фаза или частота следования ипульсов. В частотных системах вспомогательной величиной является частота или фаза переменного тока.

Рис. 12. Функциональная схема устройства телеизмерения.

К аналоговым системам относят системы ТИ, в которых каждому из непрерывного ряда значений измеряемой величины соответствует определенная величина ТИ, передаваемая по каналу связи. К таким системам относят, например, систему интенсивности, в которой измеряемая величина преобразуется в постоянный ток или напряжение пропорционально величине телеизмеряемого параметра. Такие системы соответственно называют токовыми системами и системами напряжения.

Токовые системы могут быть разделены на некомпенсационные и компенсационные. Так как в этих системах передача информации осуществляется постоянным током, то исключается влияние емкости и индуктивности ЛС на показания приемного прибора, а также появляется возможность использования магнитоэлектрических миллиамперметров, имеющих большую точность и равномерную шкалу. Некомпенсационные системы по принципу действия являются наиболее простыми. Однако на эти системы оказывает влияние изменение параметров канала связи, дальность действия таких систем находится в пределах 10—25 км. На компенсационные системы изменение параметров канала связи практически не влияет, поэтому их дальность действия больше, чем у некомпенсационных систем.

В системах напряжения измеряемая величина преобразуется в напряжение постоянного тока, которое автоматически сравнивается с напряжением потенциометра. На приемной стороне такие системы отличаются большой точностью. Однако из-за значительного влияния на эти системы колебаний параметров канала связи и наличия токов утечки они не нашли широкого применения для телеизмерения.

На большинстве промышленных предприятий для телеизмерения параметров электрических и неэлектрических величин в энергоснабжении применяют токовые выпрямительные системы. Ниже рассматриваются выпрямительные системы, которые получили широкое распространение. Эти системы наиболее просты по устройству, а дальность их действия удовлетворяет промышленные предприятия.

Статические погрешности систем телеизмерения. Основной характеристикой системы ТИ, как и любой измерительной системы, является точность передачи показаний, причем показания приборов должны минимально зависеть от внешних факторов: изменения напряжения и частоты, изменения температуры окружающего воздуха, изменения параметров канала связи и т. д.

По точности измерений телеизмерительные устройства согласно ГОСТ 13600-68 делятся на семь классов: 0,25; 0,4; 0,6; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0. Точность телеизмерительной системы характеризуется статической погрешностью, под которой понимается степень приближения показаний прибора на приемной стороне к действительному значению измеряемой величины. Погрешность устройств ТИ, так же как в измерительной технике, характеризуется абсолютной $\Delta_а$, относительной $\Delta_о$ и приведенной $\Delta_{тр}$ погрешностями.

Абсолютной погрешностью ТИ называют разность показаний прибора на приемном пункте $A_п$ и истинного значения измеряемой величины $A_и$:

$$\Delta_а = A_п - A_и.$$

Истинное значение определяется по образцовому прибору, который подключают к входным цепям первичного преобразователя.

Относительной погрешностью ТИ называют отношение абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины, выраженное в процентах,

$$\Delta_о = \frac{\Delta_а}{A_и} 100.$$

Приведенной погрешностью называется отношение абсолютной погрешности к предельному (нормирующему) значению измеряемой величины по шкале приемного указывающего прибора $A_{норм}$, %:

$$A_{пр} = \frac{\Delta_а}{A_{норм}} 100.$$

В приемном приборе с двусторонней шкалой приведенная погрешность равна отношению абсолютной погрешности к сумме предельных значений рабочей части шкалы; для приемных приборов с безнулевой шкалой в знаменателе формулы будет разность предельного и начального $A_{п,н}$ значений рабочей части шкалы, т. е.

$$\Delta_{пр} = \frac{\Delta_а}{A_{норм} - A_{п,н}} 100.$$

При определении погрешности системы телеизмерения чаще всего пользуются приведенной погрешностью. Погрешности ТИ делятся на основные и дополнительные: основная погрешность, это погрешность, определенная при нормальных условиях работы; дополнительная погрешность — появляется в результате отклонения от нормальных условий, например, изменение питающего напряжения или частоты, изменение окружающей температуры, параметров канала связи и т. п.

Под нормальными условиями работы подразумеваются следующие: температура окружающей среды $+20 \pm 5°C$; рабочее положение изделия в пространстве должно быть в соответствии с техническими условиями на изделие; относительная влажность не более 80%; отсутствие магнитных полей, кроме земного; отклонение напряжения питания от номинального значения $\pm 2\%$; максимальный коэффициент высших гармоник 5%; частота питания переменного тока 50 ± 5 Гц.

Эти условия соблюдаются при градуировке приемных приборов. Основная погрешность определяется

конструктивными особенностями телеизмерительного устройства.

Для определения точности приборов, входящих в комплект телеизмерительной аппаратуры, определяют основную погрешность преобразования $\Delta_{о,п}$. Для этого снимается зависимость выходного параметра $A_{вых}$ от изменения параметра на входе $A_{вх}$ $[A_{вых}=f(A_{вх})]$. Не-

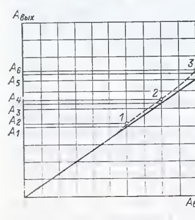


Рис. 13. Определение основной погрешности преобразования.

линейность снятой характеристики не должна превышать допустимых отклонений от максимального значения параметра на выходе преобразователя. Определение основной погрешности преобразования показано на рис. 13. Например, при $A_1=40$, $A_2=41$, $A_6=71$ в точке *1* основная погрешность преобразования

$$\Delta_{о,\,п}=\frac{41-40}{71}100=1{,}4\%.$$

Аналогично можно определить погрешности в точках *2* и *3*. Обычно наибольшее значение нелинейности данной характеристики, отнесенное к максимальному значению параметра на выходе, принимается за основную погрешность преобразования.

Результирующая погрешность ТИ, имеющаяся в реальных эксплуатационных условиях, есть алгебраическая сумма основной и всех дополнительных погрешностей. Значения и знаки погрешности, входящие в результирующую погрешность, могут быть разными, так как приборы комплекта ТИ могут иметь различные условия работы (например, находятся в разных поме-

щениях с различной температурой окружающего воздуха).

В соответствии с ГОСТ 12997-76 изменение показаний приемного прибора не должно превышать значения основной погрешности для данного класса при отклонении внешних условий в отдельности на передающей и приемной сторонах в пределах: напряжения питания +10÷—15% номинального значения; частоты питающего напряжения от 49.5 до 50,5 Гц.

Таблица 1

Тип помещения	Рабочие условия		Допустимая погрешность
	Температура, °С	Относительная влажность, %	
Производственные помещения	От +5 до —50	30—80 при 35 °С	Удвоенная основная погрешность
Закрытые неотапливаемые помещения с ограниченной циркуляцией воздуха	От —30 до +50	30—80 при 30 °С	Утроенная основная погрешность
Установки на открытом воздухе или под легким укрытием	От —50 до +50	30—80 при 30 °С	3,5 основной погрешности
	От —30 до +50	30—80 при 30 °С	Утроенная основная погрешность

По температурным условиям телеизмерительные устройства делятся на три группы. Допустимые погрешности в зависимости от температурных условий и типа помещения приведены в табл. 1.

Принцип действия и состав устройств выпрямительных систем. Как уже отмечалось, в токовых системах измеряемая величина преобразуется в постоянный ток, пропорциональный значению измеряемого параметра. Постоянный ток измеряется приемным прибором, шкала которого градуируется в единицах измеряемой величины. В качестве приемных приборов используются миллиамперметры магнитоэлектрической системы, что позволяет обеспечить равномерную шкалу и высокую чувствительность. Величина постоянного тока, передаваемого по каналу связи, в соответствии с ГОСТ 9895-69

находится в пределах 0—5 мА. Небольшой ток в ЛС позволяет включать последовательно с каналом связи добавочные (балластные) сопротивления для уменьшения дополнительных погрешностей, вызванных изменением параметров канала связи. Кроме того, широкое применение компенсационных систем также позволяет уменьшить дополнительные погрешности, создаваемые каналом связи. Токовые системы работают по двухпроводной линии связи, имеющей омическое сопротивление не более 3000 Ом. Устройства могут работать непрерывно и по вызову. Дальность действия определяется как самой системой, так и каналом связи.

Для кабельных ЛС в зависимости от сечения жилы кабеля дальность действия находится в пределах от 17 до 30 км. Рассмотрим общие для токовых систем приемные приборы и каналы связи.

В качестве приемных приборов применяют миллиамперметры магнитоэлектрической системы типов ТМ-А5, ПМДГ-1М, М1730 и М1731.

Щитовой миллиамперметр типа ТМ-А5 имеет круговую шкалу и используется в качестве приемного прибора или прибора местного отсчета. В приборе применен измеритель типа М325. Класс прибора 1,5.

Диспетчерский прибор типа ПМДГ-1М имеет горизонтально расположенную шкалу и устанавливается на приборных приставках диспетчерских пультов и имеет магнитный шунт, с задней стороны прибора — нуль-корректор и арретир. Класс прибора — 1,0.

Амперметры и вольтметры типа М1730, М1731 — узкопрофильные, магнитоэлектрической системы со световым указателем входят в состав унифицированного комплекса аналоговых сигнализирующих контактных приборов. Основная погрешность приборов типа М1730 и М1731 $\pm 1,0$ и $\pm 0,5\%$ соответственно, погрешность срабатывания не превышает $\pm 1,5$ и $\pm 1,0\%$. Подключение измерительной цепи питания осветительной лампы и блока сигнализации и регулирования производится с помощью штепсельного разъема.

В качестве канала связи для токовых систем применяют проводные линии связи (кабельные или воздушные). В основном это телефонные кабельные линии.

В токовых некомпенсационных системах колебания параметров ЛС из-за атмосферных явлений приводят к появлению дополнительной погрешности, которая за-

висит от длины ЛС, ее параметров, внутреннего сопротивления передающего устройства и сопротивления приемного прибора.

В токовых компенсационных системах теоретически колебания параметров линии связи не вызывают дополнительной погрешности. Однако наличие утечек между проводами линии связи, шунтирующими приемный прибор, вызывает дополнительную погрешность. Погрешность зависит также от сопротивления приемного прибора. Наименьшая погрешность получается, когда оно равно нулю. Дальность действия компенсационных систем также определяется падением напряжения в ЛС.

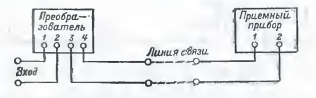


Рис. 14. Схема подключения устройства ТИ для измерения переменного тока.

Устройства для телеизмерения переменного тока. Устройства состоят из первичного преобразователя, ЛС и приемного прибора. Схема подключения устройства ТИ для измерения переменного тока приведена на рис. 14. Преобразователь подключается к трансформатору тока контролируемого объекта. Переменный ток преобразуется в постоянный, пропорциональный измеряемому току. По ЛС постоянный ток поступает в приемный прибор, отградуированный в единицах переменного тока с учетом коэффициента трансформации. Постоянный ток изменяется от 0 до 5 мА при изменении переменного тока от 0 до 5 А, причем зависимость изменения выходного тока от изменения входного тока линейна на всем диапазоне. Устройства предназначены для непрерывного ТИ, однако при необходимости они могут работать в схеме группового ТИ. В этом случае преобразователи с помощью устройства ТУ—ТС, выполняющих вызов телеизмерения, подключаются к линии связи.

Рассмотрим два типа преобразователей промышленного изготовления, чаще всего применяемых для ТИ, переменного тока. К ним относятся преобразователи

типов ВПТ-4 и Е708. На рис. 15 приведена схема первичного преобразователя типа ВПТ-4. В схеме осуществляется двухполупериодное выпрямление с помощью кремниевых диодов *Д1*, *Д2*. Выпрямленное напряжение отфильтровывается конденсатором *С1*. Вспомогательный трансформатор *Тр* гальванически разделяет цепь измерительного трансформатора тока и систему ТИ. Так как трансформатор *Тр* является трансформатором

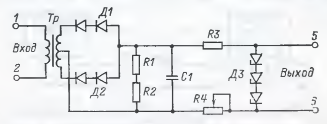


Рис. 15. Принципиальная схема преобразователя типа ВПТ-4.

тока, у которого значение первичного тока не зависит от нагрузки во вторичной обмотке, то размыкание ЛС приводит к возрастанию э. д. с. во вторичной обмотке, что может привести к повреждению изоляции ЛС и самого преобразователя. Для ограничения напряжения при отключении нагрузки преобразователя или обрыве ЛС на выходе устройства предусмотрены кремниевые стабилитроны *Д3*, которые ограничивают нарастание напряжения. Для компенсации температурной погрешности, вызванной непостоянством характеристик кремниевых выпрямителей *Д1*, *Д2* при изменении окружающей температуры, применены резисторы *R1*, *R2*.

Как известно, с увеличением температуры уменьшается коэффициент выпрямления, так как температурный коэффициент обратного сопротивления германиевых выпрямителей больше температурного коэффициента их прямого сопротивления, т. е. среднее значение тока в ЛС уменьшилось бы, но благодаря увеличению при этом сопротивлений резисторов *R1*, *R2* ток в ЛС практически не изменился. Дополнительная температурная погрешность —1% на 10°С изменения температуры в месте установки преобразователя. Ток в резисторах *R1*, *R2* приблизительно в 4 раза больше тока в ЛС. Резисторы *R3*, *R4* служат для снижения погрешности из-за колебаний сопротивлений линии связи и имеют сопротивление

значительно большее, чем нагрузка. Резистор *R4* имеет переменное сопротивление и служит для регулирования тока в ЛС.

Первичные преобразователи переменного тока Е708 предназначены для линейного преобразования действующего значения переменного тока в унифицированный выходной сигнал постоянного тока 0—5 мА на нагрузке 3±0,3 кОм. Преобразователь работает в комплекте

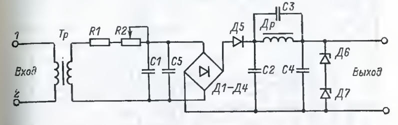


Рис. 16. Принципиальная схема преобразователя типа Е708.

с нагрузочным сопротивлением Р725, которое дополняет нагрузку до 3 кОм. Основная погрешность не превышает ±1,0% минимального значения выходного сигнала. Принципиальная схема устройства приведена на рис. 16. Преобразователь состоит из разделительного трансформатора *Тр*, выпрямительного моста *Д1—Д4*, фильтра *С2*, *С3*, *С4*, *Др*, цепочки для ограничения выходного сигнала *Д5—Д7* и добавочного резистора *R2*. Резистор *R2* и конденсаторы *С1* и *С5* служат для уменьшения перенапряжений, возникающих на диодах *Д1—Д4* при перегрузке преобразователя токами к. з. Для ограничения выходного сигнала при перегрузках и обрывах цепи нагрузки служат диоды *Д6*, *Д7*. Эти же диоды предохраняют выход преобразователя от появления выходного сигнала обратной полярности при нарушениях в работе преобразователя. Диод *Д5* резервирует диоды моста.

Устройство для телеизмерения переменного напряжения. Устройство состоит из первичного преобразователя, ЛС и приемного прибора. Рассмотрим преобразователи промышленного изготовления типов ВПН-4 и Е722. Преобразователь напряжения типа ВПН-4 обеспечивает преобразование напряжения переменного тока контролируемого объекта в выпрямленный ток, пропорцио-

нальный значению напряжения на входе преобразователя. Причем линейная зависимость выходного тока от входного напряжения имеет место при напряжении на входе от 70 до 120 В. При изменении напряжения на входе от 0 до 70 В ток на выходе равен 0. Этим достигается расширение рабочей части шкалы приемного прибора. Постоянный ток по каналу связи поступает на

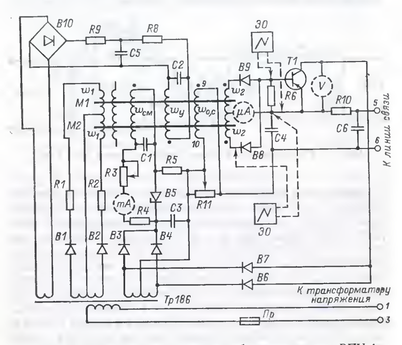


Рис. 17. Принципиальная схема преобразователя типа ВПН-4. Пунктиром показано подключение приборов для проверки исправности преобразователя.

приемный прибор, отградуированный в единицах напряжения с учетом коэффициента трансформации. Устройство (рис. 17) относится к токовым компенсационным системам, которые отличаются от некомпенсационных автоматическим регулированием тока в ЛС в соответствии с измеряемой величиной. В рассматриваемой системе это достигается за счет глубокой отрицательной обратной связи по току усилителя постоянного тока. Поэтому ток в ЛС зависит только от измеряемого на-

пряжения и очень мало зависит от изменения параметров ЛС. Преобразователь состоит из входного выпрямителя, магнитного модулятора, усилителя мощности на транзисторе и узла питания. Магнитный модулятор собран на двух кольцевых сердечниках *М1* и *М2* из материала 65НП, имеющего прямоугольную петлю гистерезиса. На сердечниках намотаны обмотки: рабочая w_1, выходная w_2, управления $w_у$, смещения $w_{см}$ и обратной связи $w_{о.с}$. Число витков рабочей обмотки w_1 выбрано так, чтобы в каждый полупериод питающего напряжения магнитная индукция под воздействием напряжения, приложенного к рабочей обмотке, изменялась до максимального значения $+B_s$ (рис. 18), определяемого индукцией насыщения.

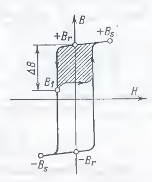


Рис. 18. Гистерезисная петля магнитных сердечников.

Ток смещения в обмотке $w_{см}$ обеспечивает компенсацию тока управления до напряжения 70 В. Обмотка смещения питается от стабилизированного источника, стабилизация осуществляется стабилитроном *В5*. Ток в обмотке смещения регулируется резистором *R3*. Таким образом, ток смещения обеспечивает начальное положение индукции в точке $+B_s$ на петле гистерезисного цикла.

Ток управления, зависящий от значения измеряемой величины, проходя по обмотке $w_у$, смещает рабочую точку в сторону $+B_r$; следовательно, в зависимости от тока управления будет происходить перемагничивание по частичному циклу (на рис. 18 заштрихованная область). При появлении тока в рабочей обмотке w_1 магнитная индукция будет изменяться от состояния, определяемого точкой B_1, до состояния $+B_s$ и в выходной обмотке w_2 будет индуктироваться э. д. с., а на базу транзистора *Т1* поступать отрицательные импульсы. Транзистор работает в ключевом режиме и открывается на время воздействия на него импульса.

Для повышения линейности характеристики преобразователя и снижения дополнительных погрешностей

от воздействия различных факторов (изменения температуры, напряжения, вспомогательного питания, времени и т. п.) усилитель охвачен отрицательной обратной связью по току. Выходной ток преобразователя, протекающий по каналу связи и приемному прибору, проходит через обмотку обратной связи $w_{о,с}$, уменьшая воздействие тока в обмотке $w_{у}$. Для регулирования тока в обмотке обратной связи служит резистор *R11*.

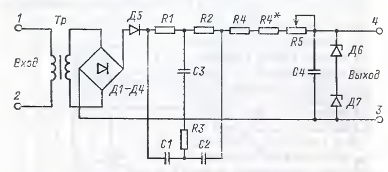


Рис. 19. Принципиальная схема преобразователя E722.

Первичный преобразователь напряжения переменного тока E722 предназначен для линейного преобразования напряжения переменного тока (коэффициент нелинейности 2%) в унифицированный выходной сигнал постоянного тока 0—5 мА на нагрузке 3±0,3 кОм. Преобразователь работает в комплекте с нагрузочным сопротивлением P725, которое дополняет нагрузку до 3 кОм. Основная погрешность не превышает ±1,0% номинального значения выходного сигнала. Принципиальная схема устройства изображена на рис. 19. Преобразователь состоит из: разделительного трансформатора, который гальванически разделяет входную и выходную цепи; выпрямительного моста на диодах *Д1—Д4*; фильтра для уменьшения пульсации, состоящего из резисторов *R1—R5* и *R4** и конденсаторов *C1—C4*. Резистор *R3* одновременно является балластным сопротивлением, уменьшающим влияние нелинейности прямого сопротивления диодов. Резистор *R5* служит для регулирования выходного тока. Назначение диода *Д5* и стабилитронов *Д6* и *Д7* такое же, как и в устройстве для ТИ переменного тока.

Устройство для группового телеизмерения переменного тока. В устройствах для групповых схем ТИ переменного тока по вызову комплект телеизмерительной аппаратуры состоит из корректирующих трансформаторов типа КТ-1 в количестве, соответствующем числу контролируемых объектов (но не больше 10), одного общего выпрямительного устройства типа ВУ-2 и одного или нескольких приемных приборов, устанавливаемых на ПУ. Входные цепи корректирующих трансформаторов подключаются к контролируемым объектам через измерительные трансформаторы тока. Напряжение с выходных зажимов КТ-1 через контакты объектных реле устройства ТУ—ТС—ВТИ подается на вход выпрямительного устройства ВУ-2. Выпрямленный постоянный ток на выходе ВУ-2 изменяется пропорционально измеряемому току. Приемный прибор градуируется в единицах измеряемой величины и подключается к ЛС контактами объектных реле устройства ТУ—ТС—ВТИ.

Схема подключения приборов при групповом ТИ изображена на рис. 20. Телеизмерение по вызову обеспечивает эксплуатационному персоналу возможность периодического измерения параметров контролируемых объектов, при этом один канал обеспечивает до 10 измерений. Групповое устройство для ТИ тока по вызову включает в себя до 10 корректирующих трансформаторов при использовании одного выпрямительного устройства. Число приемных приборов соответствует числу коэффициентов трансформации контролируемых объектов. Инструкцией завода-изготовителя допускается вызов на один приемный прибор с двух контролируемых пунктов через два ВУ-2 при условии равенства коэффициентов трансформации трансформаторов тока. Практика наладки и эксплуатации показывает, что возможен вызов ТИ на один приемный прибор более чем с двух контролируемых пунктов, однако в этом случае требуется более тщательная настройка приборов.

Устройства для измерения переменного тока и напряжения также могут работать в схеме группового ТИ, аналогичной схеме, приведенной на рис. 20, но в этом случае преобразователь с помощью систем ТУ—ТС—ВТИ непосредственно подкючается к каналу связи (без выпрямительного устройства).

Схема ВУ-2 аналогична схеме преобразователя ВПН-4. В отличие от схемы ВПН-4 обмотки смещения в выпрямительном устройстве имеют меньшее число витков, а обмотка управления — большее число витков, кроме того, ВУ-2 имеет в цепи управления два подгоночных резистора для регулирования входного напряжения в зависимости от подключенного к нему преобразователя.

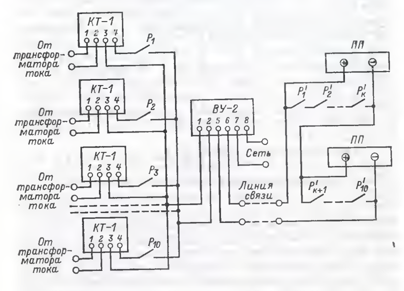


Рис. 20. Схема подключения приборов при групповом телеизмерении переменного тока.

Устройства для телеизмерения мощности. К устройствам для ТИ мощности, нашедшим распространение в промышленности, можно отнести устройства с первичными датчиками индукционно-выпрямительной системы ВАПИ-2а, ВРПИ-2а, статические преобразователи мощности СВПА-2, СВПР-2 и преобразователи измерительные активной и реактивной мощностей трехфазного тока типа Е728 и Е729.

Устройство типа ВАПИ-2а с индукционным преобразователем состоит из индукционного преобразователя с вспомогательным устройством типа ВУВ-4а, электромагнитного стабилизатора напряжения серии С, выпря-

мительного устройства ВУ-2, ЛС и приемного устройства ТМ—А5 или ПМДГ. Выпрямительное устройство ВУ-2, применяемое в устройствах ТИ мощности, такое же, как и в устройствах для групповых схем ТИ переменного тока.

Измерение мощности осуществляется обычным ферродинамическим измерительным прибором, с подвижной системой которого механически связана подвижная система индукционного преобразователя. Индукционный преобразователь осуществляет преобразование угла отклонения подвижной системы ваттметра в напряжение переменного тока, пропорциональное этому углу отклонения. Преобразователь питается от стабилизатора напряжения, что исключает зависимость выходного напряжения от колебаний в питающей сети. Цепи напряжения ваттметра питаются через вспомогательное устройство, которое служит для компенсации погрешности при $\cos\varphi=0{,}5$ и для регулирования наклона характеристики преобразования. Устройство также позволяет осуществлять ТИ по вызову. Следует отметить, что нашли промышленное применение также индукционные преобразователи для измерения давления типа МПИ-2а и уровня — типа ВСПИ-2, которые по принципу работы не имеют существенных отличий от индукционного преобразователя мощности.

На рис. 21 изображены схемы ваттметра с индукционным преобразователем и вспомогательного устройства типа ВУВ-4а, а также показано их подключение к контролируемой сети. На ярме из пакетов листовой трансформаторной стали намотаны две катушки, которые подключаются к стабилизатору напряжения. В воздушном зазоре между ярмом и цилиндрическим сердечником находится подвижная катушка, которая поворачивается измерительным механизмом ваттметра. Индуктируемая в подвижной катушке э. д. с. пропорциональна ее углу поворота. Так как подвижная катушка механически связана с подвижной системой ваттметра, положение рамки однозначно определяет измеряемую мощность.

При углах поворота подвижной катушки более 70° зависимость э. д. с. от угла становится нелинейной, так как нарушается равномерность индукции в зазоре вблизи концов полюсов. Для устранения этого недостатка на ярме предусматривают компенсационную обмотку. Эту

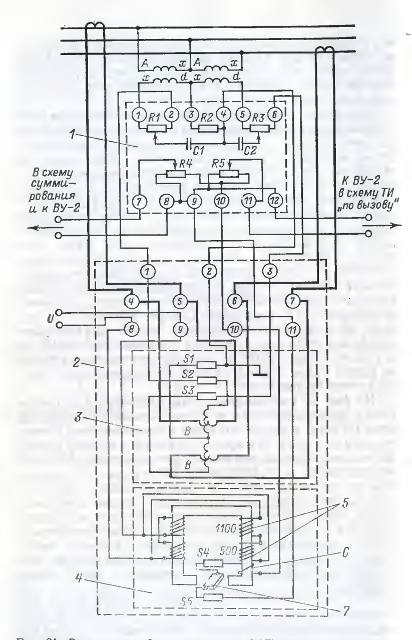


Рис. 21. Ваттметр-преобразователь типа ВАПИ-2а с вспомогательным устройством типа ВУВ-4а.

1 — вспомогательное устройство типа ВУВ-4а; *2* — ваттметр-преобразователь; *3* — ваттметр; *4* — преобразователь; *5* — неподвижная катушка; *6* — компенсационная обмотка; *7* — подвижная катушка; *S1—S5* — **моментные пружины.**

обмотку включают последовательно и встречно с подвижной катушкой. Таким образом э. д. с., индуктируемая в подвижной катушке, сложенная с напряжением компенсационной обмотки, обеспечивает линейную зависимость выходного напряжения преобразователя от измеряемой мощности. Прибор снабжен поводком, управление которым выведено на лицевую рамку прибора. Поводок позволяет устанавливать стрелку прибора на любую отметку шкалы при наладочных работах.

Вспомогательное устройство ВУВ-4а состоит из добавочных сопротивлений *R1—R3* **цепей напряжения,** конденсаторов *C1* и *C2*, а также делителей *R4* и *R5* выходного напряжения индукционного преобразователя. Ваттметры-преобразователи имеют несколько модификаций, которые отличаются друг от друга схемами соединений, значениями добавочных сопротивлений в цепях напряжения и количеством токовых обмоток.

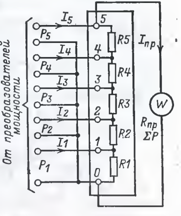


Рис. 22. Расчетная схема сопротивлений магазина суммирования.

Для суммирования мощностей на диспетчерском пункте при наличии малого числа слагаемых (до пяти) в качестве суммирующего устройства применяют магазин суммирования типа МС-1. Магазин суммирования представляет собой магазин сопротивлений, состоящий из пяти катушек. Для устранения температурной погрешности катушки выполняют из медного провода. Наименьшее слагаемое, включаемое в схему суммирования, должно составлять не менее 5% общей суммы.

Для выбора значений сопротивлений катушек магазина суммирования производят расчет. На рис. 22 приведена расчетная схема сопротивлений магазина суммирования. Для расчета приняты следующие обозначения:

P_1—P_5 — максимальные значения мощностей (в порядке их возрастания);

I_1—I_5 — токи в цепи приемных приборов, соответствующие значениям P_1—P_5;

R_1—R_5 — сопротивления катушек;

$R_{общ}=R_1+R_2+ \ldots +R_5$ — общее сопротивление магазина суммирования;

$R_{пр}$ — сопротивление приемного прибора;

$I_{пр}$ — ток полного отклонения приемного прибора.

Суммарная мощность определяется из выражения

$$P=P_1+P_2+ \ldots +P_5.$$

Коэффициенты пропорциональности определяются по формулам

$$k_1=\frac{P_1}{\Sigma P};\quad k_2=\frac{P_2}{\Sigma P};\ldots;\ k_5=\frac{P_5}{\Sigma P}.$$

Сопротивления катушек определяются по формулам:

$$R_{общ}=\frac{k_5 I_{пр} R_{пр}}{I_5-k_5 I_{пр}};\quad R_1=\frac{k_1 I_{пр}(R_{пр}+R_{общ})}{I_1};$$

$$R_2=\frac{k_2 I_{пр}(R_{пр}+R_{общ})}{I_2}-R_1;$$

$$R_3=\frac{k_3 I_{пр}(R_{пр}+R_{общ})}{I_3}-(R_1+R_2);$$

$$R_4=\frac{k_4 I_{пр}(R_{пр}+R_{общ})}{I_4}-(R_1+R_2+R_3);$$

$$R_5=R_{общ}-(R_1+R_2+R_3+R_4).$$

При наличии более пяти слагаемых для суммирования мощностей применяют усилитель постоянного тока типа УПТ-1С. Суммирование мощностей на контролируемом пункте в отличие от диспетчерского пункта не требует дополнительных приборов. Принципиальная схема суммирования мощностей на контролируемом пункте приведена на рис. 23. Из схемы видно, что суммируются выходные напряжения U_1, U_2 преобразователей. На вход выпрямительного устройства *ВУ-2* поступает суммарное напряжение U. При суммировании необходимо, чтобы выходные напряжения преобразователей были пропорциональны пределам измерения соответствующих ваттметров-преобразователей. Это условие характеризуется постоянной суммирования

$$K=\frac{U_1}{P_1}=\frac{U_2}{P_2}=\ldots=\text{const},$$

где P_1, $P_2 \ldots$ —значения измеряемых мощностей по шкалам первичных приборов; U_1, $U_2 \ldots$ —выходные напряжения преобразователей.

Постоянная суммирования регулируется схемой питания индукционных преобразователей и изменением сопротивлений делителей напряжения вспомогательных устройств типа ВУВ-4а.

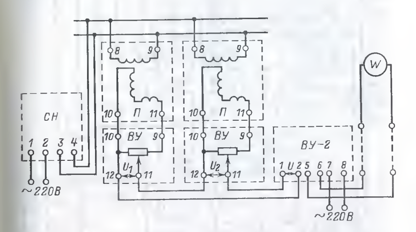


Рис. 23. Схема суммирования мощности с помощью индукционных преобразователей (П) и вспомогательных устройств (ВУ).

Статические преобразователи мощности типа СВПА и СВПР предназначены для преобразования активной и реактивной мощностей в сигнал постоянного тока. Принцип действия преобразователя основан на методе, использующем для умножения время-импульсную и амплитудную модуляции.

Измерительные преобразователи активной Е728 и реактивной Е729 мощностей предназначены для линейного преобразования измеряемой мощности трехфазных трехпроводных цепей переменного тока в унифицированный выходной сигнал постоянного тока 0—5 мА на нагрузке от 0 до 2,5 кОм. Преобразователи могут работать при несимметричной нагрузке фаз. Они состоят из двух однофазных преобразователей мощности и усилителя постоянного тока.

Принципиальная схема преобразователя Е728 приведена на рис. 24. Широтно-импульсный модулятор

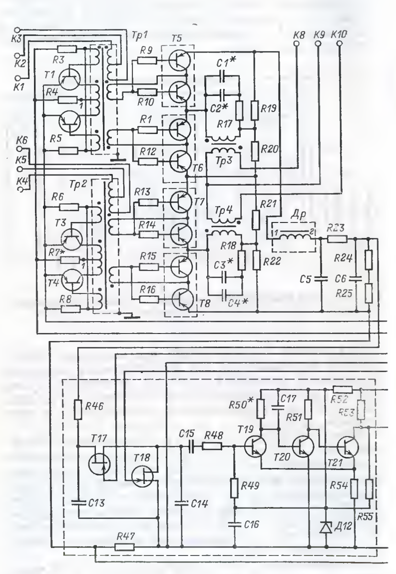
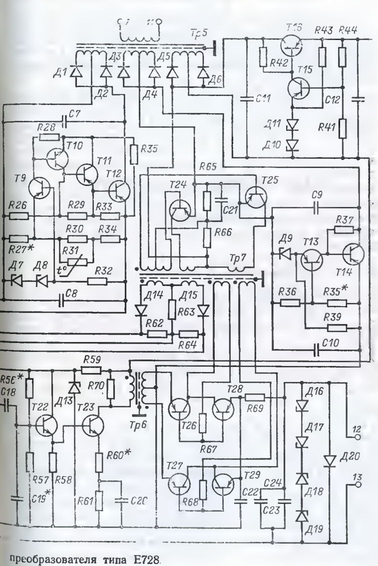


Рис. 24. Принципиальная схема



преобразователя типа Е728.

4—736

(ШИМ) служит для преобразования измеряемого тока в пропорциональное ему изменение коэффициента заполнения импульсов генератора:

$$\frac{t_1 - t_2}{t_2 + t_1} = Ki,$$

где t_1 — длительность положительного импульса генератора; t_2 — длительность отрицательного импульса генератора; $t_1 + t_2$ — период колебания генератора; i — мгновенное изменение измеряемого тока; K — коэффициент пропорциональности.

Схема ШИМ выполнена на магнитно-полупроводниковом генераторе. Регулировка чувствительности ШИМ производится резисторами *R4* и *R7*. Блок амплитудно-импульсной модуляции (АИМ) выполнен на фазочувствительных выпрямителях. На выходе этого блока имеется последовательность разнополярных импульсов, модулированных по длительности (пропорционально измеряемому току) и по амплитуде (пропорционально измеряемому напряжению). Постоянная составляющая этого напряжения пропорциональна произведению измеряемого тока и напряжения, т. е. измеряемой мощности:

$$U_{вых} = \frac{t_1 - t_2}{t_1 + t_2} u = Kiu = Kp,$$

где $U_{вых}$ — постоянная составляющая выходного напряжения АИМ; u — мгновенное значение измеряемого напряжения; p — мгновенное значение измеряемой мощности.

Для компенсации угловых погрешностей трансформаторов напряжения *Тр3*, *Тр4* применены резисторы *R17*, *R18*, включенные последовательно с емкостями *C1** и *C2**, *C3** и *C4** (подбираются при настройке преобразователей).

Блок фильтров *Ф* содержит два Г-образных фильтра: *LC*-фильтр, состоящий из дросселя *Др* и конденсатора *C5*, и *RC*-фильтр, состоящий из конденсатора *C6* и резистора *R23*. Фильтр выделяет постоянную составляющую, равную сумме выходных напряжений АИМ1 и АИМ2. Напряжение выхода фильтра подается на вход усилителя (УПТ). Усилитель постоянного тока охвачен глубокой отрицательной обратной связью. Канал усиления состоит из модулятора, усилителя переменного тока с разделительным трансформатором и демодулятора

с фильтром. Подключение транзисторов модулятора и демодулятора производится с помощью генератора. Сигнал постоянного тока преобразуется модулятором в импульсы прямоугольной формы, которые подаются на вход усилителя переменного тока, усиливаются им, а затем детектируются демодулятором.

На выходе усилителя включены ограничитель, состоящий из стабилитронов *Д16—Д19*, и диод *Д20*. Ограничитель предотвращает появление на нагрузке напряжения, превышающего допустимые, а диод предназначен для устранения сигнала обратной полярности. Генератор прямоугольных импульсов выполнен в виде мультивибратора с трансформаторными связями. Стабилизаторы представляют собой источники постоянного напряжения компенсационного типа.

3. ОРГАНИЗАЦИЯ НАЛАДОЧНЫХ РАБОТ

Наладочные работы проводятся с целью достижения надежной и безаварийной работы устройств телемеханики (ТМ) при их эксплуатации. Для выполнения работ по наладке устройств ТМ приглашаются специализированные наладочные организации и должен привлекаться персонал службы эксплуатации, который в дальнейшем будет заниматься эксплуатацией налаженного оборудования. Этим обеспечивается обучение персонала.

Подготовка к наладочным работам. Перед началом наладочных работ персонал должен ознакомиться с проектом, техническим описанием устройств ТМ, инструкцией по наладке, пройти необходимые инструктажи на рабочем месте. В случае необходимости проводится техническая учеба, в ходе которой изучаются те или иные устройства ТМ. К работам по наладке допускается электротехнический персонал, прошедший проверку знаний «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей и правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭ и ПТБ), а также медицинский осмотр.

До начала работ производятся подбор и комплектация электроизмерительной аппаратуры, инструмента, защитных средств, проектной и справочной документации, бланков протоколов наладки и др. Состав наладочной бригады определяется объемом и сложностью налажи-

ваемой аппаратуры. Обычно для наладки одного устройства ТМ требуется 2—3 чел. Квалификация персонала по технике безопасности должна соответствовать ПТЭ и ПТБ.

Организационно-технические мероприятия при выполнении наладочных работ. Руководитель работ совместно с представителем заказчика составляет график производства работ и принимает объект в наладку. Каждая бригада, выполняющая работы по наладке, должна получить задание по объему работы и срокам ее выполнения.

Рабочее место наладчика должно быть укомплектовано соответствующими приборами и инструментом. Приборы, нашедшие наибольшее применение при наладке устройств ТМ, приведены в приложении 1. Из инструмента необходимо иметь паяльник, бокорезы, пинцет, плоскогубцы, отвертки, ключи. Кроме того, необходимо иметь соответствующие запчасти: резисторы, конденсаторы, диоды, транзисторы, реле и др. Рабочее место не должно быть загрязнено, заставлено посторонними предметами. Приборы должны быть расположены на деревянном столе или стеллаже и иметь свободный доступ. При выполнении наладочных работ необходимо вести запись выполненной работы, обнаруженных и устраненных дефектов, изменений схемы.

Допуск бригады к выполнению работ производится согласно ПТЭ и ПТБ, при этом обязательно выполнение организационных и технических мероприятий при производстве работ в действующих электроустановках, таких, как оформление наряда или распоряжения, вывешивание предупредительных плакатов, установка ограждений и др.

Производство наладочных работ. При наладке устройств ТУ—ТС—ВТИ наладочный персонал выполняет следующие работы: осмотр аппаратуры; измерение сопротивления изоляции аппаратуры и линии связи; настройку каждого элемента схемы на заданный режим, определяемый техническими условиями и расчетными данными проекта; проверку правильности взаимодействия всех элементов схемы; проверку работы устройств ТМ совместно с диспетчерским щитом и пультом; тренировку устройств ТМ; ввод устройств ТМ в нормальную эксплуатацию; составление и сдачу отчетной документации.

Осмотру подлежат все блоки и узлы устройств. При этом проверяются качество и правильность монтажа, соответствие аппаратуры паспортным данным, тип аппаратуры, модели устройств, год выпуска, заводской номер, емкость устройства. При выявлении дефектов проекта и монтажа необходимо внести соответствующие исправления или добавления.

Сопротивление изоляции замеряется мегаомметром на 500 В между соединенными вместе выходными зажимами полукомплектов и корпусом. Значение сопротивления изоляции должно быть не менее указанного в техническом описании для данного типа устройств.

При настройке элементов схемы необходимо руководствоваться техническими описаниями, инструкциями по наладке заводов-изготовителей. При этом необходимо добиться, чтобы параметры всех отдельных элементов, узлов, блоков соответствовали заданным режимам.

После настройки отдельных элементов схемы проверяются правильность взаимодействия элементов схемы, прохождения сигналов ТУ, ТС, ВТИ, работа защитных и контрольных узлов при повреждении устройства, линии связи.

Далее проводится проверка работы устройства совместно с диспетчерским щитом и пультом при осуществлении всех телемеханических операций и при изменении напряжения питания в пределах, установленных техническими данными на конкретное устройство.

Тренировка устройства проводится в течение одного месяца. При этом проверяются: прохождение сигнализации, для чего с КП посылаются известительные серии всех сигнальных реле как по одному, так и по нескольку сразу; прохождение команд управления и вызова телеизмерения; работа защитных узлов. Проверка прохождения серий сигнализации, команд и работы защитных узлов должна проводиться 3 раза в день.

Подключение внешних связей на КП к зажимам полукомплекта необходимо производить после окончания тренировки устройства. При этом каждая индивидуальная цепь сигнализации, управления или вызова телеизмерения тщательно прозванивается, маркируется и подсоединяется к зажимам полукомплекта согласно проекту. После этого устройство ТМ вводится в эксплуатацию, что подтверждается соответствующим протоколом и актом.

Испытания устройств телеизмерения выполняются в два этапа: лабораторные испытания и испытания после установки приборов по месту работы. Лабораторные испытания выполняются обычно в заводской лаборатории.

Сначала проверяют приборы, входящие в состав устройства, каждый в отдельности, а затем по структурной схеме устройства — в комплекте с аппаратурой канала связи. Лабораторные испытания производятся в следующем объеме: проверка маркировки приборов и комплектности; измерение сопротивления изоляции приборов по отношению к корпусу мегаомметром напряжением 500 В; определение основной погрешности преобразования и настройка при необходимости приборов; определение основной погрешности телеизмерения устройства.

Испытания после установки по месту работы включают: внешний осмотр и проверку соответствия аппаратуры техдокументации; измерение сопротивления изоляции всей системы; измерение параметров линии связи; определение основной погрешности телеизмерения и при необходимости регулировку аппаратуры; пробную эксплуатацию не менее 48 ч.

После распаковки приборов телеизмерения (преобразователей, приемных приборов) производится внешний осмотр, который выявляет дефекты, препятствующие нормальной работе. Проверяется комплектность.

Затем проверяют сопротивления изоляции преобразователя мегаомметром напряжением 500 В типа М1101. Перед началом измерений необходимо очистить преобразователи от пыли. Мегаомметр подключается одним зажимом к корпусу, а другим — к предварительно закороченным зажимам преобразователя. При измерении используются только зажимы Л и З. Перед измерениями, как правило, проверяют сопротивления проводов мегаомметра, при этом проверяют показания по шкале при разомкнутых и накоротко замкнутых проводах. При проверке сопротивления изоляции необходимо тщательно следить за местом присоединения проводов, чтобы не подать напряжение 500 В на элементы схемы. Отсчет сопротивления изоляции принято производить через 60 с после начала измерений.

Внешний осмотр и проверка соответствия аппаратуры техдокументации после монтажа устройства ТИ

заключается в проверке правильности монтажа, соответствия маркировки монтажным схемам и комплектности приборов техдокументации.

Испытание ЛС заключается в проверке маркировки, измерении сопротивления изоляции как между жилами, так и на землю, мегаомметром на напряжение 500 В и измерении омического сопротивления. Для измерения омического сопротивления линию связи отключают от первичного преобразователя и приемного прибора. Со стороны ПУ или КП на зажимах ставят перемычку, а затем с противоположной стороны прибором (например, омметром) измеряют сопротивление. Значения сопротивления изоляции и омического сопротивления должны быть в допустимых пределах. Сопротивление изоляции должно быть равно или выше указанного в паспорте. При понижении сопротивления изоляции приборы необходимо подвергнуть сушке обдувом сухим теплым воздухом.

Проверку приемных приборов производят в соответствии с «Инструкцией Комитета стандартов, мер и измерительных приборов № 184-62 по проверке амперметров, вольтметров, ваттметров и варметров» методом сравнения их показаний с показаниями прибора, принятого в качестве образцового, причем образцовый прибор должен быть не ниже класса 0,2 (ГОСТ 8711-60) при проверке приборов класса 1,0 и не ниже класса 0,1 при проверке приборов класса 0,5.

Определение основной погрешности преобразования и основной погрешности ТИ производится после 30-минутного прогрева преобразователей или системы ТИ.

Наладочная организация должна представить по окончании наладки следующую техническую документацию: протоколы наладки и испытаний; исполнительные принципиальные схемы и схемы электрических соединений. Приемку выполненных работ производит персонал, обслуживающий данные устройства ТМ. Разрешение на ввод устройства в работу оформляется записью в журнале с подписями представителей предприятия и наладочной организации.

4. НАЛАДКА УСТРОЙСТВ ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ И ТЕЛЕСИГНАЛИЗАЦИИ

Наладка устройства типа УТМ-1. Опыт наладки устройства УТМ-1 показал, что полукомплекты целесообразно сразу устанавливать на ПУ и контролируемом объекте. В этом случае совмещаются проверка устройств и тренировочные испытания с реальными линиями связи в реальных условиях. Проверка устройства производится в следующем порядке. На полукомплектах ПУ и КП отключаются все выключатели. Включается блок питания типа ВУСТ-4 на полукомплекте КП-2, и по вольтметру проверяется напряжение питания, которое должно быть 60±2 В. Проверяется ток в линии связи по миллиамперметру на щитке блока питания и образцовому миллиамперметру. Для измерения тока на обоих полукомплектах включают тумблеры *ПЛ* (см. рис. 1 и 2) и рукой притягивают якоря реле *1П*. Линейный ток должен быть 30±2 мА или 18±2 мА, в зависимости от использования линейного реле *РКН* или *ТРМ*. При необходимости ток нужно отрегулировать передвижением хомутика на регулировочном резисторе блока питания. До включения полукомплектов необходимо убедиться, что роторы шаговых искателей обоих полукомплектов находятся в нулевом положении.

Включаются тумблеры питания полукомплекта ПУ. При этом должны подтянуться реле *1П* и *2П*. Через 0,8—1,2 мин после включения питания должна сработать термогруппа *ТГ* и включить реле *АС*. После этого следует оттянуть якорь реле *АС* и разомкнуть контакт термогруппы. Включается тумблер питания полукомплекта КП, после чего должна последовать серия запросов с ПУ на КП; передача прекращается при нажатии на якорь реле *ВЩ* полукомплекта ПУ. Проверяются правильность выполнения телемеханических операций и действие защитных и контрольных узлов по инструкции завода-изготовителя путем трехкратного повторения каждой телемеханической операции при номинальном напряжении питания полукомплектов и номинальном линейном токе. Результаты проведения испытаний оформляются протоколом.

Правильная регулировка реле и шаговых искателей в значительной мере обеспечивает надежную работу устройств. При регулировке и осмотре реле необходимо

обращать внимание на отсутствие перекосов и заеданий якоря реле; нахождение контактных пружин на соответствующих упорах при отпущенном и нажатом якоре; наличие совместного перемещения пружин при их замыкании; наличие достаточных зазоров между разомкнутыми контактами; одновременность замыкания обоих половинок разрезных контактных пружин.

Регулирование времени отпускания реле производится изменением положения штифта отлипания.

При регулировке шаговых искателей необходимо обращать внимание на отсутствие перекосов и заеданий при ходе якоря распределителя; четкий возврат якоря под действием пружин; наличие небольших зазоров между зубьями храпового колеса и ведущей и стопорной собачками в крайних положениях якоря шагового искателя; прилегание движущей и стопорной собачек по всей ширине зуба храпового колеса при небольшом зазоре у основания зуба; наличие зазоров между ведущей собачкой и ее упором при отпущенном якоре; правильность установки щеток на пластинах; правильность центровки щеток относительно полей искателя; хорошее прилегание щеток и достаточное их давление.

При наладке устройств телемеханики типа УТМ-1 важно, чтобы время срабатывания и отпускания реле соответствовало паспортным данным. При необходимости проверки временных параметров реле обычно пользуются миллисекундомером типа МС-54М и приставкой для измерения временных параметров, разработанной ЦЛЭМ Мосэнерго [16]. Измерение временных параметров реле можно также производить с помощью электронно-лучевого осциллографа, например С1-19Б [9]. После замены или регулировки реле *1П*, *2П*, *Д*, *Л1* на КП или ПУ, а также реле *1П1* и *1Л—3Л* на блоке РК—ПУ и при ревизии устройств производится осциллографирование для определения качества работы линейных контактов реле *1П* и для определения параметров импульсных серий. Осциллографирование удобно производить светолучевым осциллографом Н-115, так как осциллограммы, снятые на регистрирующую бумагу типа УФ-67, не требуют проявления и можно сразу видеть снятые кривые. Шлейфы осциллографа включаются в разрыв зажимов «контроль», на замыкающие контакты реле *Д*; для получения масштаба один шлейф включается на известное напряжение (например, сети).

Наладка устройства типа ТМЭ-1 (см. рис. 5 и 6). Узел автоматического запуска обычно не требует какой-либо наладки. Нормальная его работа проверяется подключением осциллографа на выходную обмотку w_3 элемента *ПЭ* или на конденсатор связи *С5*. При этом на экране осциллографа должны наблюдаться импульсы, аналогичные приведенным на рис. 25. Если импуль-

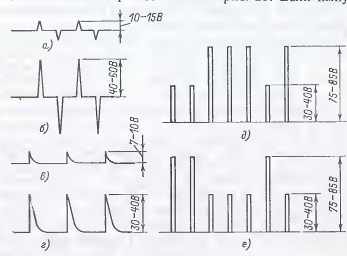


Рис. 25. Параметры и форма сигналов устройства ТМЭ-1.

а — на выходной обмотке ПЭ при работающем РИ; *б* — на выходной обмотке ПЭ при неработающем РИ; *в* — на конденсаторе *С5* при работающем РИ; *г* — на конденсаторе *С5* при неработающем РИ; *д* — на нагрузках элементов *ОЭ*, *ОЭ1*, *ОЭ2*; *е* — на нагрузке элемента *ЗЭ*.

сы отсутствуют, то следует подобрать резистор *R7* в цепи подготовки w_4 элемента *ПЭ*. Импульсы в выходной обмотке w_3 и на конденсаторе связи *С5* при работающем распределителе должны быть по возможности минимальны.

Наладка РИ сводится к определению неисправных элементов (диодов с пониженным обратным сопротивлением) и оптимального значения сопротивления связи $R_{св}$. Вход осциллографа подключается к групповому диоду *Д5* (рис. 5, точка *а*) и к общей шинке РИ (точка *б*); развертка осциллографа производится на восемь периодов, а внешняя синхронизация осуществляется от последнего элемента предыдущей группы РИ. В этом случае на экране осциллографа можно наблюдать им-

пульсы целой группы РИ (восемь импульсов); если все элементы исправны, то импульсы на экране аналогичны приведенным на рис. 26,*а*. По характеру изменения формы и амплитуды импульсов можно судить о неисправности в данной группе РИ. Поскольку каждой ячейке РИ соответствует определенной формы импульс, неисправный элемент можно определить однозначно. Напри-

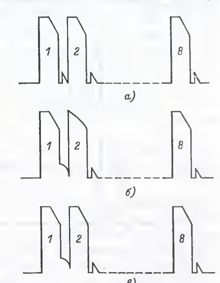


Рис. 26. Формы сигналов группы РИ устройства ТМЭ-1.

мер, если у зарядного диода *Д1* понижено обратное сопротивление, то импульс будет иметь искажение (рис. 26,*б*). Если же понижено обратное сопротивление у входного диода *Д2*, то у всех импульсов группы, за исключением импульса поврежденной ячейки, будет наблюдаться срез вершины. Если поврежден один из выходных диодов *Д3* и *Д4*, то импульс будет иметь вид, показанный на рис. 26,*в*. Проверяя таким образом все группы РИ, отбраковывают все диоды, имеющие пониженное обратное сопротивление. После отбраковки неисправных диодов приступают к определению оптимального значения сопротивления связи. Для этого устройство подключают к сети через автотрансформатор. Резистор связи в блоке питания заменяют переменным резистором с сопротивлением порядка 7—10 кОм. При напряжении 187 В сопротивление связи увеличивают до

такого значения, при котором РИ работает без сбоя. После этого замеряют значение полученного сопротивления, это будет $R_{св, max}$. При напряжении 242 В сопротивление связи уменьшают до такого значения, при котором в момент включения в РИ появляются две единицы, а затем одна из них пропадает. Замеряют значение полученного сопротивления, это будет $R_{св, min}$. Оптимальное значение определяется как среднее этих

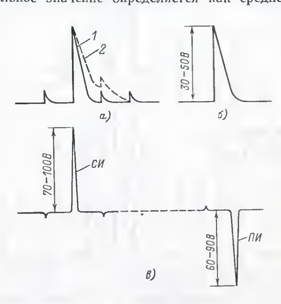


Рис. 27. Параметры и форма сигналов устройства ТМЭ-1.
а — на конденсаторе элемента ПДМ (ПДС, ПРИ, ПРУ на рис. 5); *1* — правильно; *2* — неправильно; *б* — на конденсаторе *С10*; *в* — в линии связи.

двух значений. В блок питания устанавливают вместо резистора связи ближайший по номиналу к $R_{св, опт}$ резистор.

При наладке передатчиков линейного узла на КП вход осциллографа подключается к конденсатору *С2* элемента *ПДМ*. На экране осциллографа должен наблюдаться импульс с амплитудой 30—40 В, аналогичный приведенному на рис. 27,*а*. Если импульс имеет неправильную форму, то необходимо произвести подстройку сопротивлений в цепи заряда и разряда конденсатора (на рис. 5 *R12*, *R11*).

Вход осциллографа подключается к конденсатору *C2* элемента *ПДС*. Импульс должен быть аналогичен импульсу, приведенному на рис. 27,*а*, но с амплитудой 40—60 В. Вход осциллографа подключается к ЛС (зажимы КО-7, КО-8*). На экране осциллографа должны наблюдаться импульсы, аналогичные приведенным на рис. 27,*в* (импульс *СИ* — в начале цикла, импульс *ПИ* — в конце цикла).

При наладке приемников линейного узла на ПУ вход осциллографа подключается к конденсатору *C4* элемента *ПРМ*. На экране осциллографа должен наблюдаться импульс, аналогичный приведенному на рис. 27,*а*, с амплитудой 60—70 В. Если этого не наблюдается, то надо поменять фазировку питания или линии связи. Напряжение питания полукомплекта ПУ должно быть сдвинуто на 180° по отношению к напряжению питания полукомплекта КП.

На конденсаторе *C3* элемента *ПРС* должен быть импульс, аналогичный приведенному на рис. 27,*а*, но с амплитудой 30—50 В. Наладка РИ на ПУ производится аналогично наладке РИ на КП.

При наладке узлов избирания на ПУ вход осциллографа подключается поочередно к конденсаторам *C10* и *C11* узлов сигнализации. Осуществляется передача сигналов с КП на ПУ путем соединения зажима КО-9 с зажимами 1КР—27КР распределителя импульсов. При этом, если соответствующий импульс сигнализации проходит, то на конденсаторе *C10* должен наблюдаться импульс, аналогичный приведенному на рис. 27,*б*. На конденсаторе *C11* в это время импульс должен отсутствовать или должен быть по амплитуде в 15—20 раз меньше. Индивидуальное реле *С* при этом должно отпустить. Если цепь кодирования на КП разомкнуть, то импульс на конденсаторе *C10* должен пропасть, а на конденсаторе *C11* появиться. Индивидуальное реле *С* при этом должно включиться.

Необходимо обеспечить наличие импульсов на конденсаторах *C11*, *C10* каждого элемента *С* при напряжении питания 187—242 В. Если импульсов, указанных выше, на конденсаторах *C10*, *C11* не наблюдается, то производится регулировка сопротивлений в цепи под-

---

* Обозначения зажимов для подключения осциллографов (КО и КР) приняты в соответствии со схемой завода-изготовителя.

готовки элемента *ОЭ* (*R5* на рис. 6), в цепи подготовки элемента *ЗЭ* (*R11* на рис. 6) и в цепи компенсации подготовки элемента *ОЭ* (*R12* на рис. 6).

Работу элементов *ОЭ* и *ЗЭ* можно проверить, подключив вход осциллографа на резисторы *R14*, *R13*, при этом на экране должны наблюдаться импульсы, приведенные на рис. 25,*д*, *е*. Импульсы 30—40 В — это импульсы распределителя, а 75—85 В — импульсы запирания.

При наладке выходных узлов на ПУ (*С*, *СМ*) проверяется значение напряжения смещения в блоке питания. При помощи соответствующего резистора в блоке питания напряжение смещения устанавливается равным 30 В. После этого определяется оптимальное значение сопротивления смещения для каждого реле (*R22* на рис. 6). Для этого надо сначала определить сопротивление при срабатывании реле, для чего заменить *R22* переменным резистором, и при напряжении питания 187 В плавно увеличить сопротивление смещения до срабатывания реле. Затем увеличить напряжение питания до 242 В, при этом реле не должно отпускать. Если реле отпустит, то сопротивление необходимо увеличивать до срабатывания реле. Далее замерить сопротивление. Это будет минимальное значение сопротивления при срабатывании — R_{min}. После этого следует определить сопротивление при отпускании реле, для чего нужно произвести передачу импульса ТС с КП на ПУ и при напряжении питания 187 В плавно уменьшить сопротивление смещения до отпускания реле. Затем увеличить напряжение питания до 242 В, при этом реле не должно срабатывать. Если реле сработает, то сопротивление уменьшить до отпускания реле; замерить сопротивление, это будет максимальное значение сопротивления при отпускании реле — R_{max}. Оптимальное значение $R_{опт}$ определяется как среднее значение этих двух сопротивлений. Затем подбирается сопротивление резистора, близкое к $R_{опт}$, и устанавливается в цепь смещения. Так производится настройка всех реле *С*.

При наладке передатчика линейного узла на ПУ вход осциллографа подключается на конденсатор *С2* элемента *ПДИ* или *С1* элемента *ПДУ* и соединяется поочередно зажим КО-10 или КО-9 с одним из зажимов 1КР—27КР блока распределителя. При этом на экране осциллографа должны наблюдаться импульсы, анало-

гичные приведенным на рис. 27,*а*. На зажимах линии связи КО-7 и КО-8 должны быть импульсы, аналогичные приведенным на рис. 27,*в*.

При наладке приемников линейного узла на КП вход осциллографа подключают к конденсатору *С3* (рис. 5) элемента *ПРУ*, предварительно соединив на ПУ зажим КО-9 с одним из зажимов 1КР—27КР блока распределителя. На экране осциллографа должен наблюдаться импульс, аналогичный приведенному на рис. 27,*а*, с амплитудой 30—40 В. Вход осциллографа подключают к конденсатору *С4* элемента *ПРИ*, предварительно соединив на ПУ зажим КО-10 с одним из зажимов 1КР—27КР блока распределителя. Должен наблюдаться аналогичный импульс с амплитудой 40—60 В.

Наладка узлов избирания *ЗЭ*, *ОЭ*, *ОЭ1* на КП производится аналогично наладке элементов *ЗЭ* и *ОЭ* на ПУ. В элементе *ЗЭ* используются две цепи подготовки: w_2 с резистором *R16* и w_4 с резистором *R15*. Оптимальное значение резисторов *R16* и *R17* элементов *ЗЭ* и *ОЭ* определяется для всех элементов *У*, *М*, *РИМ*, *1НИ*, *2НИ*, *БР* и *МР*. Оптимальное значение резисторов *R15*, *R19* элементов *ЗЭ* и *ОЭ1* определяется только для двух элементов: *РИВ* и *РИО*.

Наладка реле *У*, *М*, *РИМ* на КП производится аналогично наладке реле *С* на ПУ. Разница заключается в том, что напряжение смещения для данных реле составляет 40 В.

При наладке защитных узлов (*1НУ*, *2НУ*, *КУ*) в цепь нагрузки реле *1НУ* (*2НУ*) последовательно с резистором *R25* включается миллиамперметр. С ПУ посылается сигнал на срабатывание реле, для чего соединяется зажим КО-9 общего блока с зажимом 23КР при выборе *1НУ* и с зажимом 25КР при выборе *2НУ*. При посылке сигнала реле должно сработать ($I \approx 100$ мА), при снятии сигнала — отпустить ($I \approx 4$ мА). Работа реле проверяется при напряжении 187—242 В. Если реле не работает, производится корректировка тока смещения так же, как для сигнальных реле.

При наладке реле *КУ* в цепь смещения (обмотка w_0) включается миллиамперметр на 10 мА, а в цепь нагрузки (обмотка $w_{\sim}$) — миллиамперметр на 150 мА. Резистор *R4* заменяется переменным сопротивлением 20—22 кОм, и устанавливается ток в нагрузке порядка 6—8 мА. С ПУ посылается сигнал на выбор одного ре-

ле $У$. Ток в нагрузке должен снизиться до 3—4 мА. С увеличением сопротивления в цепи смещения ток уменьшается до значения, при котором он не начнет увеличиваться. Это будет минимально допустимый ток смещения I_{min}.

С ПУ посылается сигнал на выбор еще одного реле $У$. Реле $КУ$ при этом должно сработать. Уменьшением сопротивления смещения добиваются, чтобы ток в нагрузке составлял 85—90 мА, это будет максимально допустимый ток смещения I_{max}.

Затем устанавливается сопротивление в цепи смещения, соответствующее току

$$I_{\text{см. опт}} = \frac{I_{min} + I_{max}}{2}.$$

Проверяется работа реле при напряжении питания 187—242 В.

При наладке узлов разрешения исполнения производится выбор одного реле $У$ путем посылки сигнала с ПУ. Включаются миллиамперметр на 50 мА и регулируемый резистор на 30 кОм в цепь смещения реле $РИВ$ (обмотка w_0). Устанавливается такой минимальный ток смещения I_{min}, при котором реле $РИВ$ при посылке сигнала на выбор реле $2НУ$ не срабатывает. Затем посылают сигнал на выбор реле $РИВ$ и, уменьшая сопротивление, устанавливают такой максимальный ток смещения I_{max}, при котором реле $РИВ$ еще надежно срабатывает. Устанавливается оптимальное значение тока:

$$I_{\text{опт}} = \frac{I_{min} + I_{max}}{2}.$$

Реле $РИВ$ должно срабатывать только при выбранном реле $2НУ$. Наладка реле $РИО$, $МР$ и $БР$ производится аналогичным образом. Разница заключается в том, что реле $РИО$ и $МР$ настраиваются с реле $1НУ$. Проверяется работа реле при напряжении питания 187—242 В.

При проверке узла сигнализации при повреждениях устройства ($пР1$, $ПИ$ и $НС$) резистор $R18$ в цепи подготовки и резистор $R17$ в цепи нагрузки элемента $пР1$ заменяются переменными по 10 кОм. Вход осциллографа подключают к конденсатору $C5$ и, регулируя вышеуказанные резисторы, получают импульс, по амплитуде и форме аналогичный приведенному на рис. 27,*а*.

Затем устанавливается перемычка в цепи кодирования последнего элемента распределителя КП (зажимы 28—30) и подключается вход осциллографа к конденсатору *C7* элемента *НС*. На экране должны наблюдаться лишь импульсы — помехи амплитудой 3—5 В. При размыкании поочередно у элемента *ПИ* цепей подготовки (обмотки w_2 и w_4) на экране осциллографа должен появляться импульс, аналогичный приведенному на рис. 27,*б*, с амплитудой 60—70 В. Для реле НС подбирается ток смещения, так же как это делалось для реле *С*. Проверку производят при напряжении питания 187—242 В.

Наладка устройства типа ВРТФ-1. Устройства ТУ и ТС налаживаются поочередно, поскольку выполнены они независимо. Наладка начинается с того полукомплекта, в котором находится ведущий генератор импульсов. Так, наладка ТУ начинается с полукомплекта ПУ, а наладка ТС — с полукомплекта КП. Однако если имеются налаженные устройства одной и той же модели, то ТС полукомплекта ПУ налаживается одновременно с ТУ полукомплекта ПУ, для чего можно использовать ТС полукомплекта КП уже налаженного устройства. Ниже будут указаны основные моменты наладки ТС устройства, поскольку наладка ТУ происходит аналогично, лишь с некоторым отличием.

Наладка ТС полукомплекта КП (см. рис. 10 и 11). Предварительно проверяется правильность установки блоков в настраиваемой модели. После этого тумблером на панели стабилизации подается питание на полукомплект и проверяется напряжение на выходе блоков питания путем переключения переключателя на панели стабилизации. Для настройки какого-либо блока последний устанавливается на выносной жгут.

Наладка генераторно-усилительного блока сводится к определению параметров импульсов на коллекторах транзисторов *T1*, *T2*. Для этого вход осциллографа подключается на эмиттер-коллектор соответствующего транзистора. На экране осциллографа должны наблюдаться импульсы, аналогичные приведенным на рис. 28,*а*. Длительности импульса и паузы должны быть равны 20—24 мс, они регулируются при помощи конденсаторов *C1*, *C2*. В случае, если длительность импульсов больше заданных пределов, необходимо емкости *C1* и *C3* уменьшить, если меньше — увеличить.

Для проверки длительности и амплитуды тактовых импульсов необходимо вход осциллографа поочередно подключать на резисторы *R8*, *R9*. На экране осциллографа должен наблюдаться импульс, аналогичный приведенному на рис. 28,*б*.

В случае отсутствия тактовых импульсов необходимо замерить амплитуду и длительность импульсов, поступающих на базы транзисторов *Т3*, *Т4*. Для этого вход

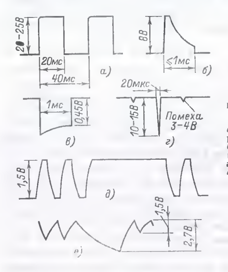


Рис. 28. Параметры и форма сигналов устройства ВРТФ-1.

а — на коллекторе *Т1*, *Т2* генераторно-усилительного блока; *б* — в токовых цепях РИ; *в* — на базе транзисторов *Т3*, *Т4*; *г* — на выходной обмотке РИ; *д* — на входе *Т1*; *е* — на конденсаторе *С2*.

осциллографа нужно перенести на эмиттер-базу соответствующего транзистора. На экране осциллографа должен наблюдаться импульс, аналогичный приведенному на рис. 28,*в*. В случае, если импульсы на базы транзисторов *Т3*, *Т4* поступают, а импульсы на коллекторах отсутствуют, необходимо проверить целостность цепей распределителя, начиная от резисторов *R8*, *R9* через обмотки *1—2* РИ и кончая источником питания. В случае, если цепи не нарушены, необходимо заменить транзисторы.

Правильная работа узла автоматического запуска распределителя характеризуется наличием на выходной обмотке *6—7* элемента *В* импульса, показанного на рис. 28,*г*. Импульс должен однократно появляться при подаче питания на полукомплект КП при помощи тумблера на панели стабилизации. После запуска распреде-

литель должен работать непрерывно, поскольку он замкнут в кольцо. Для правильной работы распределителя необходимо подобрать сопротивление связи $R_{св}$. Для этого резистор $R_{св}$ заменяется переменным резистором — порядка 100—150 Ом. При напряжении 187 В сопротивление связи увеличивают до такого значения, при котором распределитель запускается при включении питания и правильно работает. При этом на выходных обмотках *6—7* каждого элемента распределителя можно наблюдать импульс, изображенный на рис. 28,*г*. Значение сопротивления замеряют, это будет $R_{св, max}$. Затем при напряжении 242 В сопротивление связи уменьшают до такого значения, при котором в момент включения напряжения на выходной обмотке *6—7* элемента *1Р* возникает два импульса, а затем остается один. Замеряют сопротивление, это будет $R_{св, min}$. Оптимальное значение определяется как среднее этих двух значений. В общем блоке на место $R_{св}$ устанавливается резистор с сопротивлением, ближайшим по номиналу к найденному. Правильная работа распределителя импульсов контролируется периодическим миганием лампы *ТС*, расположенной на панели стабилизации.

Работа узла образования синхроимпульса характеризуется наличием на коллекторе *Т5* в конце цикла работы распределителя импульса амплитудой 9—12 В. Длительность импульса должна быть примерно 60—70 мс и регулируется при помощи конденсатора *С3*.

Узел образования удлиненной паузы настраивается аналогично. При этом импульс на выходе транзистора *Т6* образуется при закорачивании какого-либо вспомогательного контакта сигнализации.

Для проверки работы линейного триггера вход осциллографа подключается на коллекторы транзисторов *Т7*, *Т8*. На экране должна наблюдаться импульсная серия, аналогичная приведенной на рис. 8. При этом следует иметь в виду, что для правильного рассмотрения импульсной серии необходимо развертку луча осциллографа осуществить от внешней синхронизации. В данном случае внешняя синхронизация легко осуществляется от начала обмотки *6—7* любого элемента распределителя. Так, если осуществить синхронизацию от (*n*—1) *Р*, можно наблюдать всю импульсную серию, начиная от синхроимпульса. Если объекты ТС не кодируются, то на экране наблюдаются импульсы и паузы

одинаковой длительности. В случае кодирования одного объекта ТС импульсная серия будет содержать одну удлиненную паузу, которая занимает место в серии в зависимости от номера объекта ТС. На рис. 8 цикл передачи ТС содержит 3-й и $(n-1)$-й объекты.

Наладка ТС полукомплекта ПУ. Проверяется правильность установки блоков в настраиваемой модели. После этого тумблером на панели стабилизации подается питание на полукомплект и проверяется напряжение на выходе блоков питания путем переключения переключателя на панели стабилизации.

Проверяются форма и амплитуда импульсов, поступающих на транзистор *T1*. Вход осциллографа подключается на эмиттер-базу транзистора *T1*. На экране осциллографа должны наблюдаться импульсы, аналогичные приведенным на рис. 28,*д*. На выходе транзистора *T2* должна наблюдаться импульсная серия, аналогичная импульсной серии на выходе линейных триггеров *T7*, *T8* полукомплекта КП.

Для проверки параметров тактовых импульсов вход осциллографа поочередно подключается на *R5* и *R6*. На экране осциллографа должны наблюдаться импульсы, аналогичные приведенным на рис. 28,*б*. В случае отсутствия импульсов движения проверяется наличие импульсов на транзисторах *T4*, *T5*, *T10*, *T11*, а также наличие цепи движения распределителя, состоящей из резисторов *R5*, *R6*, обмоток *1—2* всех элементов РИ.

Для проверки селектора времени синхроимпульса вход осциллографа подключается на конденсатор *C2*. Регулируя сопротивление резистора *R4*, добиваются, чтобы на экране осциллографа наблюдались импульсы, аналогичные приведенным на рис. 28,*е*, а на эмиттер-коллекторе транзистора *T7* должен наблюдаться импульс с амплитудой 12 В и длительностью 38—40 мс. При настройке селектора следят за напряжением смещения, которое должно быть не менее 3 В. При правильно работающем селекторе на выходе трансформатора *Тр1* (обмотка *3—4*) один раз в цикл должен наблюдаться импульс амплитудой 3 В и длительностью 40—50 мс.

При настройке селектора времени паузы, выполненного на транзисторе *T3*, регулируя сопротивление резистора *R3*, добиваются, чтобы на выходе *T3* были импульсы только закодированного объекта.

Наладка РИ сводится к определению значения $R_{св}$ и производится так же, как на КП.

Наладка триггеров сигнализации сводится к подбору резисторов *R1* и *R2* и проверке правильности исполнения команды. Вместо резисторов *R1*, *R2* устанавливаются магазины сопротивлений. В левом плече устанавливается 3 кОм, кодируется соответствующий объект ТС и находится минимальное значение *R2*, при котором команда исполняется правильно (реле отпускает). Затем снимается кодирование и находится максимальное значение *R2*, при котором реле включается, *R2* должно быть не менее 1,5 и не более 4,5 кОм. Таким же образом находится и *R1*. Если триггер работает неправильно, необходимо проверить транзисторы, у которых должны быть одинаковые коэффициенты усиления.

5. НАЛАДКА УСТРОЙСТВ ТЕЛЕИЗМЕРЕНИЯ

Наладка устройств для телеизмерения переменного тока. Для определения основной погрешности преобразования собирается схема, изображенная на рис. 29. Мощность нагрузочного трансформатора (НТ) должна находиться в пределах 30 В·А при вторичном напряжении 6 В. Сопротивление ползункового реостата *R* должно быть 200—300 Ом для обеспечения плавной регулировки тока. Вместо реостата *R* может быть применен лабораторный автотрансформатор (ЛАТР). Вместо нагрузочного трансформатора и реостата удобнее использовать стабилизированный источник напряжения, например ИСН-1.

Образцовые приборы A_0 и *мА*, включенные на входе и выходе преобразователя, должны иметь суммарную допустимую погрешность в 5 раз меньше допустимой погрешности преобразователя. В качестве амперметра A_0 применяют прибор класса не ниже 0,1, например Д57, в качестве миллиамперметра прибор класса не ниже 0,2, например М1109, и в качестве сопротивления нагрузки — сопротивление класса не ниже 0,2, например Р33.

Сопротивление нагрузки $R_н$ принимается 4 кОм для преобразователя ВПТ-4 и 3 кОм для преобразователя Е708. Изменяя входной ток ползунковым реостатом *R*, по показаниям приборов A_0 и *мА* строят зависимость

выходного тока преобразователя от изменения входного тока $I_{вых}=f(I_{вх})$.

Для преобразователей Е708 при изменении тока на входе преобразователя от 0 до 5 А ток на выходе должен меняться от 0 до 5 мА пропорционально. При необходимости выходной ток может быть отрегулирован резисторами *R4*, *R2* (см. рис. 15 и 16). Основная погрешность преобразователя ВПТ-4 определяется нелинейностью характеристики $I_{вых}=f(I_{вх})$. Нелинейность не должна превышать допустимых отклонений от максимального значения выходного тока.

Для преобразователей Е708 основная погрешность определяется из выражения

$$\Delta=\frac{I_{вых}-I_{р}}{I_{норм}},$$

где $I_{вых}$ — выходной сигнал; $I_{р}$ — расчетное значение выходного сигнала; $I_{норм}$ — нормированное значение выходного сигнала.

Основная погрешность преобразования не должна превышать допустимую.

При неисправности преобразователя проверяют составляющие его элементы. У преобразователя ВПТ-4 измеряется напряжение на вторичной обмотке трансформатора *Тр* (см. рис. 15), оно должно быть 280—300 В. Измерение производится ламповым вольтметром для исключения влияния шунтирующего действия измерительного прибора при максимальном входном токе и сопротивлении нагрузки 4 кОм.

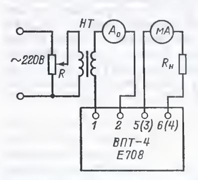


Рис. 29. Схема для определения основной погрешности преобразователей ВПТ-4 и Е708.

У преобразователя Е708 измеряется напряжение на вторичной обмотке трансформатора $Т_р$, на конденсаторах *С5*, *С2*, *С4* и на стабилитронах *Д6*, *Д7*. Ориентировочное значение напряжения должно быть 30, 15, 17, 15 и 15 В соответственно. Допускается разброс на $\pm10\%$.

Для проверки всего устройства ТИ тока собирается схема, приведенная на рис. 29, причем вместо $R_н$ подключается сопротивление, равное сопротивлению канала связи, и последовательно с ним приемный прибор. Изменяя сопротивление R, производят одновременный отсчет по образцовому и приемному приборам. Проверка производится на оцифрованных точках шкалы приемного прибора. По показаниям образцового и приемного приборов определяют основную погрешность ТИ, при этом обеспечиваются нормальные условия работы.

После установки преобразователя по месту работы производят внешний осмотр, измерение сопротивления изоляции всей системы ТИ, измерение параметров канала связи и определение основной погрешности ТИ.

Измерение сопротивления изоляции производится мегаомметром на напряжение 500 В. При измерении зажимы преобразователя и приемного прибора закорачивают.

Для измерения основной погрешности ТИ собирается схема, приведенная на рис. 29, причем вместо сопротивления $R_п$ подключаются линия связи и приемный прибор.

Проверка состоит в том, что приемным $A_п$ и образцовым $A_о$ приборами одновременно измеряют один и тот же ток и затем определяют основную погрешность ТИ по формуле

$$\Delta = \frac{I_п - I_о}{I_{пр,\, max}},$$

где $I_о$ — показания образцового прибора; $I_п$ — показания приемного прибора; $I_{пр,\, max}$ — предельные значения шкалы приемного прибора.

Проверка производится по всем оцифрованным точкам, причем ни на одном оцифрованном делении шкалы погрешность не должна превышать допустимую.

Для определения дополнительной погрешности при испытаниях необходимо знать температуру воздуха в помещениях, в которых установлены приемные и передающие приборы телеизмерения. Для одновременного отсчета показаний приемного и передающего приборов между КП и ПУ необходимо обеспечить связь, для чего могут быть использованы, например, свободные каналы ТУ—ТС.

Перед испытанием устройства до включения схемы в сеть стрелку приемного прибора корректором следует

установить на нуль. Все результаты испытаний как лабораторных, так и после установки приборов на место работы заносятся в протоколы.

Наладка устройств для телеизмерения переменного напряжения. Для определения основной погрешности преобразования собирается схема, приведенная на рис. 30. Напряжение изменяется регулировочным автотрансформатором *АТ* и более плавно ползунковым реостатом *R*. Ползунковый реостат имеет сопротивление 100 Ом. Вместо автотрансформатора и реостата удобнее использовать стабилизированный источник напряжения, например ИСН-1. Образцовые приборы V_0 и *мА*, включенные на выходе и входе преобразователя, должны иметь суммарную допустимую погрешность в 5 раз меньше допустимой погрешности преобразователя.

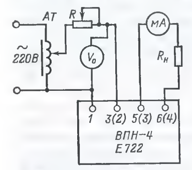


Рис. 30. Схема для определения основной погрешности преобразователей ВПН-4 и Е722.

Вольтметр V_0 должен иметь класс точности не ниже 0,1, например Д57, миллиамперметр — не ниже 0,2, например М1109, и сопротивление нагрузки — класс точности не ниже 0,2, например Р33. Сопротивление нагрузки $R_н$ принимается 4 кОм для преобразователей типа ВПН-4 и 3 кОм для преобразователей типа Е722. У преобразователя ВПН-4 при изменении напряжения от 0 до 70 В ток на выходе должен отсутствовать, а при изменении напряжения от 70 до 120 В должен изменяться от 0 до 5 мА. У преобразователей типа Е722 при изменении напряжения на входе от 0 до 130 В ток на выходе должен изменяться от 0 до 5 мА.

Основная погрешность преобразователя типа ВПН-4 определяется нелинейностью зависимости выходного тока $I_{вых}$ от изменения входного напряжения $U_{вх}$.

Для преобразователей типа Е722 зависимость расчетного выходного сигнала от входного приводится ниже:

Входное напряжение, В	0	13	26	39	52	65	78	91	104	117	130
Расчетный выходной ток, мА	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0

Основная погрешность определяется по формуле

$$\Delta = \frac{I_{\text{вых}} - I_{\text{р}}}{I_{\text{норм}}},$$

где $I_{\text{норм}}$ — нормированное значение выходного сигнала.

Погрешность должна быть не более допустимой. При неправильной работе преобразователя ВПН-4 проверяются его отдельные узлы. Подключение измерительных приборов при проверке узлов показано пунктиром на рис. 17. Проверка входной измерительной цепи заключается в снятии зависимости тока во входной обмотке усилителя от напряжения, прикладываемого к первичной обмотке трансформатора *Тр* $[I_{\text{вх}} = f(U_{\text{вых}})]$. Для этого к зажимам *1* и *3* преобразователя подключается схема, приведенная на рис. 30, а последовательно с обмоткой w_2 включается миллиамперметр. Движком автотрансформатора устанавливают 70 В. При этом миллиамперметр должен показать ток 2,8—3,2 мА, а при напряжении 120 В — 5 мА. Характеристика $I_{\text{вх}} = f(U_{\text{вых}})$ должна быть линейной при изменении напряжения от 70 до 120 В.

Для проверки работы усилителя подключают осциллограф к входу транзистора *Т1* (эмиттер-база). На осциллографе должны наблюдаться импульсы с частотой 100 Гц, причем с увеличением входного тока ширина импульсов увеличивается. Если усилитель не работает, следует разомкнуть обмотки $w_{\text{см}}$ и $w_{\text{о,с}}$. К обмоткам w_2, как указано на рис. 17, элементов *М1* и *М2* надо поочередно подключить осциллограф и изменять ток во входной обмотке, при этом должны наблюдаться импульсы, изменяющиеся по ширине.

Для проверки работы обратной связи нужно отпаять провод от обмотки $w_{\text{ос}}$ (вывод *9*) и подпаять к выводу *10*. К выходу усилителя (зажимы *5* и *6* на рис. 17) следует подключить нагрузочный резистор сопротивлением 1 кОм и последовательно с ним миллиамперметр. Изменяя ток во входной обмотке от 0 до 500—600 мкА, наблюдают выходной ток усилителя. Он должен изменяться от 0,1—0,4 до 25—30 мА.

После восстановления обратной связи необходимо проверить изменение выходного тока усилителя при изменении тока во входной обмотке. Ток усилителя должен изменяться от 0,1—0,2 до 5—5,7 мА при изменении тока в обмотке w_2 от 0 до 2 мА.

Затем надо восстановить цепь обмотки $w_{см}$ и установить в ней ток, равный 2,7—3,0 мА, для чего последовательно с обмоткой включить миллиамперметр. Ток устанавливается изменением напряжения на зажимах *1* и *3* преобразователя движком *АТ*. Когда ток в обмотке w_2 достигнет значения тока в обмотке $w_{см}$, на выходе усилителя появится ток, который будет увеличиваться с увеличением тока в обмотке w_2. При токе 2,5 мА на выходе усилителя и нагрузке 1 кОм напряжение эмиттер-коллектора должно быть 30—35 В.

Таблица 2

Элементы схемы	Напряжение, В, при $U_{вх}=13\pm0{,}13$ В		Напряжение, В, при $U_{вх}=130\pm1{,}3$ В	
	Переменный ток	Постоянный ток	Переменный ток	Постоянный ток
Вторичная обмотка трансформатора *Тр*	29±2,9	—	290±29	—
Выход выпрямительного моста	—	30±3	—	300±30
Конденсатор *С3*	—	21±2,1	—	210±21
Выход фильтра	—	12±1,2	—	120±12
Резистор *R4*	—	5±0,5	—	50±5
Резистор *R4**	—	7,5±0,75	—	75±7,5
Выходной сигнал постоянного тока	—	0,5±0,025	—	5±0,25

При неисправной работе преобразователя типа Е722 проверяются его отдельные элементы. В табл. 2 приведены ориентировочные значения напряжений на основных элементах преобразователя Е722.

После устранения неисправностей и определения основной погрешности преобразования собирают схему, аналогичную схеме на рис. 30, но вместо резистора $R_н$ устанавливают резистор с сопротивлением, равным сопротивлению ЛС, и последовательно с ним подключают приемный прибор. Затем по показаниям приемного и образцового приборов определяют основную погрешность ТИ. Основная погрешность ТИ не должна превышать допустимую.

После монтажа системы ТИ производят внешний осмотр, измерение сопротивления изоляции системы,

измерение параметров канала связи и определение основной погрешности ТИ.

Для измерения основной погрешности ТИ собирается схема, приведенная на рис. 30, причем вместо сопротивления $R_{\text{н}}$ подключаются линия связи и приемный прибор.

Основная погрешность для преобразователя ВПН-4 определяется по формуле

$$\Delta = \frac{A_{\text{п}} - A_{0}}{A_{\text{п}, max} - A_{\text{п,н}}},$$

где $A_{\text{п}, max} - A_{\text{п,н}}$ — разность максимального и начального значений рабочей части шкалы.

Для преобразователя Е722 основная погрешность определяется по формуле

$$\Delta = \frac{A_{\text{п}} - A_{0}}{A_{\text{п}, max}}.$$

При испытании устройства с преобразователем ВПН-4 следует помнить, что выходной ток регулируется не с нуля (от 0,2 до 5,0 мА), поэтому приемный прибор имеет «электрический нуль». Перед испытанием, до включения схемы в сеть, стрелку приемного прибора корректором устанавливают на нулевую риску («механический нуль»). После включения напряжения стрелка приемного прибора должна установиться на «электрический нуль».

Наладка устройств для группового телеизмерения переменного тока. Испытания корректирующего трансформатора КТ-1 сводятся к проверке линейности зависимости напряжения на выходе от входного тока. Выходное напряжение при входном токе 5 А должно быть 30—40 В при разомкнутых выходных зажимах. Проверка напряжения производится ламповым вольтметром (для исключения шунтирующего действия вольтметра). Входной ток регулируется так же, как показано на рис. 29, реостатом *R*. Для определения основной погрешности выпрямительного устройства ВУ-2 собирается схема, аналогичная схеме на рис. 30, но, кроме того, к зажимам *7*, *8* выпрямительного устройства (см. рис. 20) подключается напряжение переменного тока 220 В.

При изменении входного напряжения от 0,7 до 12—30 В выходной ток должен изменяться от 0,2 до 5 мА. Характеристика должна быть линейной, основная по-

грешность преобразования — не более допустимой. При неправильной работе выпрямительного устройства проверяются его отдельные узлы. Проверка узлов выпрямительного устройства аналогична проверке преобразователя ВПН-4. Ток во входной обмотке w_2 должен изменяться от 0,1—0,2 до 1,3 мА при изменении напряжения от 0,7 до 12—30 В. В отличие от преобразователя ВПН-4 в выпрямительном устройстве начальный выходной ток должен появляться на выходе ВУ-2 при напряжении на входе 0,7 В. Это достигается регулированием смещения резистором *R3*. Напряжение на коллекторе транзистора *T1* относительно эмиттера должно быть 30—35 В при выходном токе 2,5 мА, при сопротивлении нагрузки 1 кОм.

Для определения основной погрешности ТИ собирают схему устройства в соответствии с проектом. Вместо ЛС подключают резистор с сопротивлением, равным активному сопротивлению ЛС. Погрешность определяется на всех оцифрованных точках. Причем в испытательную схему поочередно подключают все корректирующие трансформаторы, входящие в состав устройства. При необходимости регулируют начальный ток сопротивлением в обмотке смещения ВУ-2 и максимальный ток на выходе выпрямительного устройства сопротивлением в обмотке управления. Основная погрешность ТИ не должна превышать допустимую.

После монтажа устройства ТИ определяется основная погрешность ТИ. Схема для определения основной погрешности ТИ отличается от схемы, изображенной на рис. 30, тем, что вместо сопротивления $R_п$ подключаются ЛС и приемный прибор. Подключение ЛС к соответствующему приемному прибору, а также выбор корректирующего трансформатора осуществляются с помощью устройства ТУ—ТС—ВТИ нажатием вызывной кнопки.

Так как выходной ток регулируется с 0,2 мА, то приемный прибор имеет «электрический нуль». В связи с тем что первичный прибор обычно находится на КП на отдаленном расстоянии от ПУ, где устанавливается приемный прибор, для обеспечения одновременного отсчета по образцовому прибору $A_о$ и приемному $A_п$ необходимо обеспечить связь.

Наладка устройств для телеизмерения мощности. Для определения основной погрешности ваттметра-пре-

образователя индукционно-выпрямительной системы собирается схема, изображенная на рис. 31, а для определения основной погрешности преобразователя типа Е728 собирается схема, приведенная на рис. 32.

В лабораторных условиях для определения основной погрешности ваттметров-преобразователей и преобразователей типа Е728 и Е729 обычно применяют поверочную установку, например У1134.

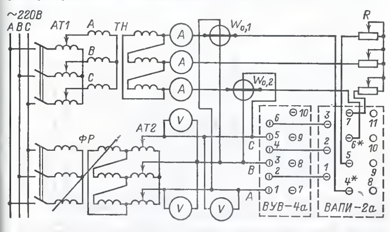


Рис. 31 Схема для проверки основной погрешности ваттметров-преобразователей.

Образцовые приборы, включенные на входе и выходе преобразователей, должны иметь суммарную допустимую погрешность в 5 раз меньше допустимой погрешности преобразователя. Допускается применение образцовых приборов с поправками, основная погрешность которых в 2,5 раза меньше основной погрешности испытуемого преобразователя.

Для определения основной погрешности применяются следующие приборы: вольтметры класса не ниже 1,0, например Э59, ваттметры класса не ниже 0,1, например Д57, амперметр типа Д57, миллиамперметр класса не ниже 0,2, например М1109, образцовая катушка сопротивления класса не ниже 0,01, например Р321, потенциометр постоянного тока высокоомный класса не ниже 0,03, например Р2/1 или Р368.

Определение основной погрешности преобразователей Е728 и Е729 производится сравнением показаний

образцового прибора, включенного на выходе преобразователя, с расчетным значением выходного сигнала. Трехфазную мощность на выходе преобразователя определяют по показаниям двух образцовых ваттметров. За основную погрешность преобразователя принимают наибольшую (по абсолютному значению) разность между показанием образцового прибора на выходе преобразователя и расчетным значением выходного сигнала,

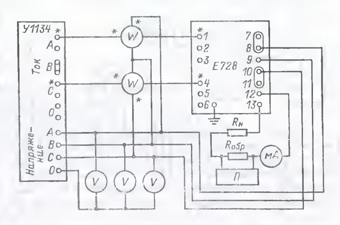


Рис. 32. Схема для проверки основной погрешности преобразователей мощности типа Е728.

отнесенную к нормированному значению выходного сигнала.

Значение основной погрешности, %, определяется по формуле

$$\Delta = \frac{I_{вых} - I_р}{I_{норм}} 100,$$

где $I_{вых}$ — значение выходного сигнала при соответствующем значении входной мощности $P_{вх}$; $I_р$ — расчетное значение выходного сигнала при том же значении входной мощности $P_{вх}$; определяется для преобразователей прямых потоков активной и реактивной мощностей по формуле

$$I_р = \frac{I_{норм}}{P_{ном}} P_{вх};$$

для преобразователей прямых и обратных потоков активной и реактивной мощностей по формуле

$$I_p = \frac{I_{норм}}{2P_{ном}} P_{вх};$$

здесь $P_{ном}$ — номинальное значение входной мощности; $I_{норм}$ — нормированное значение выходного сигнала.

Расчетные значения выходного сигнала в зависимости от входной измеряемой мощности при напряжении 100 В, $\cos\varphi = 1$ для активной мощности приведены ниже:

$I_A = I_C$, А	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
$P_1 = P_2$, Вт . . .	0	43,0	86,5	130,0	173,0	216,5	259,5	303,0	346,5	389,5	443
I_p, мА	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0

То же при $\sin\varphi = 1$ для реактивной мощности:

$I_A = I_C$, А	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
$P_1 = P_2$, Вт	0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250
I_p, мА	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0

Определение влияния измеряемого напряжения производится сравнением показаний образцового прибора, включенного на выходе преобразователя, с расчетными значениями выходного сигнала. При отклонении напряжения на +20 или —20% от номинального значения изменение выходного сигнала преобразователя относительно расчетного значения не должно превышать половины допустимого значения основной погрешности.

При напряжении, равном 80% номинального значения, значения входного тока устанавливаются равными 50 и 80% номинального. Изменение выходного сигнала, %, определяется по формуле

$$\Delta = \frac{I'_{вых} - I'_p}{I_{норм}} 100,$$

где $I_{норм}$ — нормированное значение выходного сигнала; $I'_{вых}$ — значение выходного сигнала при наличии влияющего фактора; I'_p — расчетное значение выходного сигнала, определяемое по формуле

$$I'_p = \frac{I_{вых} P'_{вх}}{P_{вых}};$$

здесь $P'_{вх}$ — значение входной мощности, устанавливаемое по образцовым приборам при напряжении, равном 80 и 120% номинального значения; $P_{вых}$ — значение выходной мощности, устанавливаемое по образцовым приборам при номинальном напряжении; $I_{вых}$ — значение выходного сигнала при значении входной мощности $P_{вх}$.

Расчетные значения выходного сигнала в зависимости от входной мощности приведены в табл. 3 и 4 соответственно для активной и реактивной мощностей.

Таблица 3

cos φ	$I_н$, А	$U_{вх}$, В	$I_A=I_C$, А	$P_1=P_2$, Вт	$P_{вх}$, Вт	$I_р$, мА
1,0	5,0	80	5,0 2,5	346,5 173,2	693 346,4	4,0 2,0
		120	4,0 2,5	415,5 260	831 520	4,8 3,0
—1,0	5,0	80	—5 —2,5	—346,5 —173,2	—693 —346,4	—4,0 —2,0
		120	—4,0	—415,5	—831	—4,8
			—2,5	—260	—520	—3,0

Таблица 4

sin φ	$I_н$, А	$U_{вх}$, В	$I_A=I_C$, А	$P_1=P_2$, Вт	$P'_{вых}$, Вт	$I'_р$, мА
1,0	5,0	80	5,0 2,5	200 100	400 200	4,0 2,0
		120	4,0 2,5	240 150	480 300	4,8 3,0
—1,0	5,0	80	—5,0 —2,5	—200 —100	—400 —200	—4,0 —2,0
		120	—4,0 —2,5	—240 —150	—480 —300	—4,8 —3,0

Определение влияния коэффициента мощности производится сравнением показаний образцовых приборов, включенных на выходе преобразователя, с расчетными значениями выходного сигнала. Изменение выходного сигнала преобразователя относительно расчетного значения, вызванное отклонением $\cos\varphi(\sin\varphi)$ от номинального значения до нуля, не должно превышать допустимого значения основной погрешности. Изменение выходного сигнала преобразователя, %, определяется по формуле

$$\Delta = \frac{I'_{\text{вых}} - I''_{\text{р}}}{I_{\text{норм}}} 100,$$

где $I_{\text{норм}}$ — нормированное значение выходного сигнала; $I'_{\text{вых}}$ — значение выходного сигнала при наличии влияющего фактора; $I''_{\text{р}}$ — расчетное значение выходного сигнала, определяется по формуле

$$I''_{\text{р}} = \frac{I_{\text{вых}} P''_{\text{вх}}}{P_{\text{вх}}};$$

здесь $P''_{\text{вх}}$ — значение входной мощности, устанавливаемое по образцовым приборам при номинальном напряжении 100 В и токе 5А в соответствии с табл. 5; $P_{\text{вх}}$ — значения входной мощности при номинальном напряжении и коэффициенте мощности и токах, равных 50 и 100% номинального значения; $I_{\text{вых}}$ — значение выходного сигнала при входной мощности $P_{\text{вх}}$.

Основная погрешность ваттметра индукционного преобразователя определяется на всех оцифрованных точках шкалы сравнением показаний испытуемого прибора с суммой показаний образцовых ваттметров $W_{0,1}$ и $W_{0,2}$. Значения тока и напряжения в фазах регулируют автотрансформаторами *АТ1* и *АТ2*. Реостат *R* служит для плавного регулирования тока. Угол сдвига между током и напряжением регулируют фазорегулятором *ФР*. На образцовых ваттметрах $W_{0,1}$ и $W_{0,2}$ устанавливается действительная мощность с учетом коэффициентов трансформации трансформатора тока $k_{\text{т}}$ и напряжения $k_{\text{н}}$. Действительная активная мощность подсчитывается по формуле

$$P_{\text{д}} = \frac{P}{k_{\text{н}} k_{\text{т}}},$$

а реактивная — по формуле

$$Q_{\text{д}} = \frac{P}{\sqrt{3}\, k_{\text{н}} k_{\text{т}}}.$$

cos φ (sin φ)	Значение мощности, Вт,					
	прямом					
	Индуктивный квадрант			Емкостный квадрант		
	P_1	P_2	$P''_{вх}$	P_1	P_2	$P''_{вх}$
1,0	433	433	866	433	433	866
0,5	0	433	433	433	0	433
0	—250	250	0	250	—250	0
1,0	250	250	500	250	250	500
0,5	250	0	250	0	250	250
0	144,3	—144,3	0	—144,3	144,3	0

Для проверки влияния коэффициента мощности фазорегулятором *ФР* при равномерной нагрузке фаз устанавливается $\cos\varphi=0$ $(\sin\varphi=0)$. При этом показания приборов $W_{0,1}$ и $W_{0,2}$ равны и противоположны по знаку. Отклонение стрелки ваттметра ВАПИ-2а от нулевой отметки не должно превышать $\pm2{,}5\%$ верхнего предела шкалы. Если погрешность ваттметра больше допустимой, то производят регулировку изменением добавочных сопротивлений ВУВ-4а. Для проверки дополнительной погрешности от изменения напряжения на $+10$ и -15% номинального напряжения при номинальной мощности автотрансформатором *АТ2* устанавливают требуемое напряжение. При этом погрешность не должна превышать $\pm2{,}5\%$.

Проверка индукционного преобразователя заключается в определении основной погрешности преобразования. Для этого снимается характеристика зависимости выходного напряжения $U_{вых}$ от угла α поворота стрелки прибора $[U_{вых}=f(\alpha)]$. Так как характеристика $U_{вых}=f(\alpha)$ снимается при нагруженном преобразователе, то собирается макет схемы в соответствии с проектом, при этом вместо линий связи устанавливают омические сопротивления. Измерительные цепи ваттметров отключают. При помощи поводка устанавливают положение стрелки на оцифрованные точки шкалы. Начальное напряжение должно быть не более 0,5—0,9 В. Выходное напряжение измеряют ламповым вольтметром. Основная погрешность преобразователя должна быть не более $\pm2\%$.

Таблица 5

при направлениях					
обратном					
Индуктивный квадрант			Емкостный квадрант		
P_1	P_2	$P''_{вх}$	P_1	P_2	$P''_{вх}$
—433	—433	—886	—443	—443	—866
0	—433	—433	—433	0	—433
250	—250	0	250	—250	0
—250	—250	—500	—250	—250	—500
—250	0	—250	0	—250	—250
—144,3	144,3	0	144,3	—144,3	0

При работе нескольких преобразователей на одну шкалу приемного прибора по вызову необходимо тщательно отрегулировать начальное напряжение у всех преобразователей, причем начальное напряжение не должно отличаться более чем на ±1% от номинального значения. Начальное напряжение регулируется количеством витков компенсационной обмотки. Если изменением количества витков не удается установить требуемое напряжение, то необходимо изменить положение подвижной катушки по отношению к измерительной системе (см. рис. 21).

Как уже отмечалось, при измерении суммарной мощности необходимо обеспечить одинаковые коэффициенты суммирования K:

$$K = \frac{U_1}{P} = \frac{U_2}{P} = \ldots = \text{const},$$

т. е. одинаковый наклон характеристик преобразования. Регулировка наклона характеристик осуществляется делителем приставки ВУВ-4а, а также правильным включением питания преобразователей (последовательного, параллельного, комбинированного). Коэффициенты суммирования не должны отличаться более чем на 1—2% на точках максимальных значений шкалы. Общее суммарное напряжение, соответствующее максимальному значению измеряемой мощности, должно быть не менее 12 В (12 В — минимальное входное напряжение выпрямительного устройства ВУ-2).

После проверки всех элементов схемы определяют основную погрешность ТИ. Определение погрешности

производится на оцифрованных точках по шкале приемного прибора. Для проверки собирается макет схемы в соответствии с проектом. При проверке устройства суммарной мощности токовые цепи всех ваттметров-преобразователей включают последовательно, а цепи напряжения — параллельно. При измерениях важно правильно рассчитать показания образцовых приборов. Для этого определяют мощность для каждого ваттметра, приходящуюся на одно деление образцового ваттметра:

$$P_1 = \frac{P_n}{P_д},$$

где P_n — мощность, измеряемая ваттметром-преобразователем; $P_д$ — мощность в делениях по каждому образцовому ваттметру, на которую отрегулирован ваттметр-преобразователь.

Общая мощность всей схемы, приходящаяся на одно деление образцового ваттметра,

$$P = P_1 + P_2 + \ \ldots \ + P_n,$$

где 1, 2, ..., n — номера преобразователей.

Количество делений на образцовом ваттметре, соответствующее верхнему пределу измерения приемного прибора, определяется из выражения

$$P_0 = \frac{P_п}{P},$$

где $P_п$ — суммарная мощность по шкале приемного прибора.

Измеренная основная погрешность ТИ должна быть меньше допустимой.

После монтажа приборов для ТИ мощности необходимо проверить правильность подключения преобразователя к измерительным трансформаторам и определить основную погрешность ТИ.

Для определения правильности включения ваттметров-преобразователей к измерительным цепям трансформаторов тока и напряжения снимают векторную диаграмму. Как известно, синусоидальные токи и напряжения могут быть представлены в виде векторов. На рис. 33 дана векторная диаграмма фазных и линейных напряжений и фазных токов трехфазной сети с активно-индуктивной нагрузкой. Векторная диаграмма отра-

жает соединения первичных и вторичных цепей. Для снятия векторной диаграммы необходимо знать углы между векторами токов и напряжений. Углы могут быть определены с помощью вольтамперфазоиндикатора типа ВАФ-85 или однофазного ваттметра. Для снятия векторной диаграммы необходимо проверить напряжение,

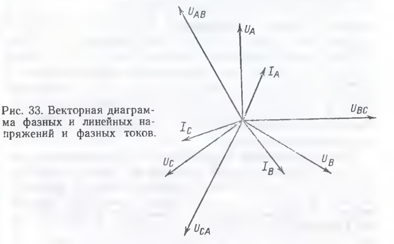


Рис. 33. Векторная диаграмма фазных и линейных напряжений и фазных токов.

т. е. измерить значения фазных и междуфазных напряжений, определить зажимы, к которым подведены напряжения фаз *A*, *B* и *C*, определить порядок чередования фаз. Полученные напряжения в произвольном масштабе наносят на миллиметровую бумагу под углом 120° друг к другу. Положение вектора тока по отношению к напряжению удобно определять вольтамперфазоиндикатором ВАФ-85. При пользовании этим прибором не нужно отключать токовые цепи ваттметров, что предотвращает ошибки при восстановлении схемы. Сначала определяют положение вектора напряжения, принятого за начало отсчета (по лимбу ВАФ-85), а затем относительно него положение векторов тока. Анализируя векторную диаграмму, определяют правильность включения ваттметра или необходимые изменения в его схеме.

Определение основной погрешности ТИ производится так же, как и в лабораторных условиях. В тех случаях, когда собрать измерительную схему, приведенную на рис. 32, на контролируемом пункте не представляется

возможным (например, для устройств суммарной мощности, когда ваттметры-преобразователи находятся на разных КП), основную погрешность ТИ определяют по формуле

$$\Delta_{\text{ти}} = \Delta_{\text{тп}} + \Delta_{\text{пр}},$$

где $\Delta_{\text{тп}}$ — основная погрешность телепередачи; $\Delta_{\text{пр}}$ — приведенная погрешность суммирования.

Под основной погрешностью телепередачи понимают разность между показаниями приемного прибора и суммой показаний ваттметров-преобразователей, отнесенную к максимальному значению мощности по шкале приемного прибора. Она определяется при отключенных измерительных цепях ваттметров. Показания приемного прибора сравнивают с суммой показаний преобразователей на всех оцифрованных точках приемного прибора. Стрелки преобразователей устанавливаются на требуемые отметки поводком.

Под приведенной погрешностью суммирования ваттметров-преобразователей понимается сумма основных погрешностей ваттметров (с учетом знаков), предварительно умноженных на отношение значений верхнего предела измерения данного ваттметра P и верхнего предела измерения приемного прибора P_Σ:

$$\Delta_{\text{пр}} = \Delta_1 \frac{P_1}{P_\Sigma} + \Delta_2 \frac{P_2}{P_\Sigma} + \ldots + \Delta_n \frac{P_n}{P_\Sigma},$$

где Δ_1, Δ_2, ..., Δ_n — основные погрешности отдельных ваттметров; P_1, P_2, ..., P_n — верхние пределы измерения ваттметров-преобразователей.

Основная погрешность ваттметров определяется по схеме, приведенной на рис. 31. Основная погрешность ТИ должна быть не более 2,5%. Определение основной погрешности ТИ после монтажа для систем с преобразователями типа Е728, Е729 производится сравнением показаний образцовых приборов с показаниями приемного прибора, причем сравнение производится на всех оцифрованных точках приемного прибора.

6. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ОБСЛУЖИВАНИЕ УСТРОЙСТВ ТЕЛЕМЕХАНИКИ

Эксплуатация устройств ТМ на промышленных предприятиях должна осуществляться персоналом групп (участков) телемеханики, входящих в состав службы релейной защиты, автоматики и телемеханики. Каналы

ТМ должны обслуживаться персоналом службы связи. Перечень аппаратуры, обслуживаемой персоналом групп телемеханики и связи, утверждается главным энергетиком предприятия. Обычно граница обслуживания по кабелям, связывающим аппаратуру каналов с устройствами ТМ, устанавливается: на КП — на зажимах панели телемеханики, на ПУ — на станционной стороне кросса, объединяющего все каналы.

Численность и квалификация персонала, обслуживающего устройства ТМ, определяются руководством предприятия в зависимости от количества и сложности установленной аппаратуры. Ориентировочно для обслуживания 10—15 комплектов устройств телемеханики требуется 3 человека: инженер, техник (мастер) и электромонтер. При большем количестве устройств количество обслуживающего персонала увеличивается из расчета 2 человека (техник и электромонтер) на каждые дополнительные 10—15 комплектов.

Персонал группы телемеханики обязан [16]:

постоянно контролировать состояние и работу всех устройств ТМ;

немедленно принимать меры для выяснения причин ненормальностей в работе устройств и устранения повреждений; участвовать в расследовании случаев неправильного действия устройств ТМ;

проводить в соответствии с графиком эксплуатационные проверки устройств ТМ;

разрабатывать и проводить мероприятия, направленные на повышение надежности и эффективности использования устройств ТМ;

рассматривать выполненные проекты телемеханизации; при расширении или реконструкции предприятия принимать участие в составлении технического задания на проектирование новых устройств ТМ;

участвовать в наладке и проводить приемку в эксплуатацию новых устройств ТМ;

обеспечивать наличие запасных частей, материалов, специальных инструментов и приборов, необходимых для эксплуатации устройств ТМ; своевременно составлять сводные заявки на материалы и запасные части;

вести техническую и отчетную документацию, составлять инструкции для оперативного персонала диспетчерских пунктов и эксплуатационного персонала, обслуживающего устройства ТМ;

обобщать опыт эксплуатации устройств ТМ, содействовать распространению передового опыта;

составлять рекламации заводам-изготовителям при выявлении дефектов аппаратуры;

организовывать техническое обучение оперативного и эксплуатационного персонала;

контролировать и соблюдать правила технической эксплуатации и правила техники безопасности при эксплуатации устройств ТМ;

составлять информационные письма, представляющие интерес для смежных предприятий.

Обязанности каждого работника должны устанавливаться должностными инструкциями, утвержденными руководством предприятия.

Эксплуатационные проверки устройств ТМ подразделяются на полную проверку, частичную проверку, повседневный контроль и опробование правильности работы аппаратуры, внеочередную послеаварийную проверку.

Проверка и устранение дефектов устройств ТМ должны проводиться в следующие сроки:

полная проверка, в соответствии с указанием ПТЭ, 1 раз в 3 года; допустимо с разрешения руководства предприятия производить изменение этого срока в сторону увеличения или уменьшения в зависимости от конкретного типа аппаратуры и условий эксплуатации;

частичная проверка проводится для устройств ТУ—ТС—ВТИ 1 раз в 6 мес., для устройств ТИ — 1 раз в год;

внеочередные послеаварийные проверки проводятся непосредственно после выявления неправильного действия устройства.

Работы по проверкам устройств ТМ должны проводиться только с разрешения диспетчера. Ремонт и проверка оборудования, связанного с устройством ТМ на КП, считаются законченными только после опробования действия устройства ТМ по проверяемому объекту. Опробование должно производиться с диспетчерского пункта. Об исправном состоянии устройств и допустимости их использования в эксплуатации должна быть сделана соответствующая запись в журнале на ПУ и КП.

Полная проверка устройств ТМ проводится в соответствии с утвержденным графиком одновременно на

полукомплекте КП и ПУ и связанных с ними панелях телемеханики, диспетчерских щитах и пультах, источниках питания и каналах связи. Для телеуправляемых объектов производится отключение индивидуальных цепей ТУ на КП. При этом очищаются от пыли все элементы устройств ТМ, проверяются исправность механической части аппаратуры и монтаж, проводятся чистка контактов реле, искателей, кнопок, ключей, регулировка реле и искателей, проверяется действие и регулируются все контакты кнопок, ключей, символов, проверяется состояние изоляции цепей питания, индивидуальных и общих цепей ТУ—ТС на ПУ, цепей, связанных с источником питания и общих цепей ТУ—ТС на КП, линий связи между КП и ПУ. После этого проверяются напряжение источников питания, работа отдельных узлов устройств на КП и ПУ, соответствие их паспортным данным, затем, после включения полукомплектов на совместную работу, производится опробование действия устройства при передаче всех сигналов ТУ—ТС—ВТИ. Проверяется действие контрольных и защитных узлов. При этом работа устройства должна проверяться при колебаниях напряжения питания, указанных в паспортных данных устройств. Результаты проверки оформляются протоколом.

Объем частичной проверки в отличие от полной может изменяться в зависимости от состояния устройств ТМ, неполадок, выявленных в период эксплуатации. При этом в случае частых сбоев и отказов в работе частичная проверка проводится в объеме полной проверки. В случае же нормальной, безотказной работы проводится только опробование правильности действия при совместной работе полукомплектов КП и ПУ.

Повседневный контроль и опробование правильности работы аппаратуры проводятся в начале и конце рабочего дня. В случае выявления ненормальностей в работе устройств ТМ последние должны быть немедленно выведены из работы.

Неполадки в работе устройств ТМ, выявленные в процессе эксплуатации, сроки устранения этих неполадок должны фиксироваться в журнале неполадок. К работе по отысканию причин повреждения устройства ТМ персонал группы телемеханики должен приступить немедленно по получении извещения о повреждении. Необходимо проанализировать признаки и обстоятель-

ства, при которых произошло нарушение, и наметить порядок действия по выявлению и устранению причин, вызвавших нарушение, исходя из наиболее характерных повреждений для данного типа устройств и указаний завода-изготовителя. После устранения повреждения в устройстве или канале связи должна быть произведена внеочередная проверка устройства ТМ. Объем проверки зависит от характера повреждения и может колебаться от опробования правильности действия до частичной или же полной проверки. Об устранении повреждения и внеочередной проверке делается соответствующая запись в эксплуатационном журнале, а в случае необходимости заполняется протокол проверки. Кроме того, должны быть разобраны причины имевших место неправильных действий устройств и разработаны противоаварийные мероприятия. По наиболее характерным случаям выпускаются информационные сообщения.

Вся техническая документация по устройствам ТМ должна храниться на диспетчерском пункте или в группе телемеханики, если последняя находится в непосредственной близости к ПУ; в противном случае в группе телемеханики должен быть второй экземпляр документов. Целесообразно предусматривать следующий объем технической документации: принципиальные схемы устройств и схемы их электропитания; технические описания устройств; принципиальные схемы и схемы соединений устройств ТУ—ТС с диспетчерским пультом и щитом на ПУ и схемы подключения к индивидуальным цепям ТУ—ТС на КП; скелетные схемы каналов ТМ; инструкции оперативному персоналу по использованию устройств ТМ; инструкции эксплуатационному персоналу по обслуживанию устройств ТМ; инструкции заводов-изготовителей; формуляры на устройства ТМ; протоколы наладки и полных эксплуатационных проверок; эксплуатационный журнал; журнал регистрации неполадок устройств ТМ.

Целесообразно на полукомплектах ПУ сделать соответствующую надпись, указывающую, с каким объектом КП данный полукомплект работает.

Группой телемеханики должна составляться техническая отчетность о работе устройств ТМ, из которой можно было бы судить о состоянии эксплуатации аппаратуры, ее качестве и качестве каналов связи. Отчеты составляются 1 раз в конце календарного года.

Наименование и тип прибора	Пределы измерения	Класс точности
Амперметр Д57	5—10; 2,5—5; 0,5—1 А; 250—500; 50—100; 25—50 мА	0,1
Миллиамперметр М1109	15—30—60—150—300—600—1500—3000 мВ; 0,15—0,3—0,6—1,5—6—60 мА	0,2
Вольтметр Д57	150—300; 50—75—150 В	0,1
Ваттметр Д57	75—150—300 и 30—45—60 В; 0,25—0,5; 0,5—1; 2—4; 5—10; 2,5—5 А; 25—50; 50—100 мА	0,1
Вольтметр Э59	75—150—300—600; 7,5—15—30—60; 1,5—3—7—15 В	0,5
Мегаомметр М1101/М	500 В; 0—1000 Ом; 0,05—100 МОм	1,0
Миллисекундомер ЭМС54	0—25; 0—50; 0—100; 0—250; 0—500 мс	4,0
Вольтамперфазоиндикатор ВАФ-85	1; 5; 25; 125; 250 В; 1; 5; 10 А; 10; 50; 250 мА	Погрешность по току и напряжению ±5%
Комбинированный прибор Ц4314	Постоянный ток	
	12 мкА—1500 мА; 75 мВ—600 В; до 0,1 мкФ; 1 кОм—10 МОм	2,5
	Переменный ток	
	0,3—1500 мА; 0,75—600 В; —10÷+12 дБ	4,0
Комбинированный прибор Ц4317	Постоянный ток	
	0,05—50 мА; 0,25—5,0 А; 0,1—1000 В; 200 Ом—3000 кОм	0,1

Наименование и тип прибора	Пределы измерения	Класс точности
	Переменный ток	
Комбинированный прибор Ц4317	0,25—50 мА; 0,25—5,0 А; 0,5—1000 В; —5÷+10 дБ	1,5
Вольтметр Ф517	10—30—100—300 мВ; 1—3—10—30—100—300 В;	1,5
Источник стабилизированного напряжения ИСН-1	1 мВ—1500 В; 1 мкА—50 А; 1 мА—100 А	—
Магазин сопротивления Р33	От 0,1 до 99 999,9 Ом	0,2
Катушка сопротивлений Р321	0,1; 1; 10 Ом	0,01
Потенциометр постоянного тока Р368	15—30—37, 5—45—60—75—90—120—150—187; 5—225—1500 мВ	0,02

Осциллограф светолучевой Н-115. Двенадцатиканальный, для регистрации на фотоленте УФ-6 без проявления или с проявлением. Имеются две кассеты емкостью по 25 м. Скорость ленты 0,5—1,25—2,5—5—10—25—50—125—250—500—1000—2500—5000—10 000 мм/с. Осциллограф снабжен установкой интервалов между отметками времени 2—0,6—0,02 с. Имеются экран для визуального наблюдения кривых, штепсельный разъем для дистанционного управления, устройство установки длины кадра, указатель запаса ленты. Источник света — ртутная лампа ДРШ-100-2 и лампа накаливания ОП-6,8—11,5 или СЦ-78. Питание 115—127—200—220—240 В, 50 Гц через блок П133. Применяются гальванометры М1012, М1013, М004, М005. Размеры 528×280×313 мм (с кассетой), масса 33 кг.

Осциллограф электронно-лучевой С1-19Б. Предназначен для наблюдения и исследования напряжения частотой от 0 до 1 МГц, измерения амплитуды, формы и длительности сигналов. Максимальная частота синхронизации 1 МГц. Погрешность измерения 10%, $R_{вх}$=1 МОм, $C_{вх}$=4 пФ. Питание 220 В, 50 Гц. Размеры 250×500×360 мм, масса 21 кг.

Осциллограф двухлучевой С1-18 низкочастотный предназначен для одновременного исследования формы двух электропроцессов, визуального наблюдения и фотографирования. По обоим каналам обеспечивается исследование непрерывных и импульсных электро-

процессов с параметрами: частота периодических процессов от 0,1 Гц до 1000 кГц; время нарастания импульсных процессов не менее 1 мкс, длительность не более 50 с; полярность импульсных сигналов положительная и отрицательная; напряжение от 1 мВ до 500 В. Оба канала имеют полосу пропускания до 200 кГц при чувствительности 100 мм/мВ и до 1 МГц при чувствительности 0,5 мм/мВ; $R_{вх}=0{,}5$ МОм; $C_{вх}=50$ пФ. Погрешность измерения 10%. Запуск синхронизации разверток осуществляется исследуемым сигналом, а также от внешней синхронизации и от сети питания. Питание 220 В, 50 Гц. Размеры 262×554×372 мм, масса 27 кг.

Приложение 2

Измерение временных параметров электромагнитных реле с помощью осциллографа. Замедление при срабатывании реле с замыкающим контактом можно определить по схеме, приведенной на рис. 34,*а*. При включении выключателя *В* на вход осциллографа подается отрицательное напряжение от источника питания через резистор *R1*, луч осциллографа смещается вниз и при срабатывании реле его замыкающий контакт закорачивает вход осциллографа. Луч

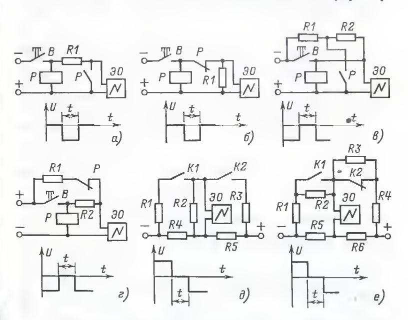


Рис. 34. Измерение временных параметров электромагнитных реле с помощью осциллографа.

а — измерение времени замедления при срабатывании реле с замыкающим контактом; *б* — то же при срабатывании реле с размыкающим контактом; *в* — то же при отпускании реле с замыкающим контактом; *г* — то же при отпускании реле с размыкающим контактом; *д*, *е* — измерение одновременности или очередности переключения двух контактов.

сместится на нулевую риску шкалы. Отрезок времени от момента включения напряжения на обмотку реле до момента замыкания контакта изобразится на осциллографе импульсом, длительность которого t определяется по меткам на луче осциллографа.

Замедление при срабатывании реле с размыкающим контактом определяется по схеме, приведенной на рис. 34,*б*. Процесс измерения и вид осциллограммы такие же, как описаны выше. Замедление при отпускании реле с замыкающим контактом можно определить по схеме, приведенной на рис. 34,*в*. Схема работает так же, как описано выше, но выключатель B в начальный момент включен, и обмотка находится под напряжением. На рис. 34,*г* изображена схема определения времени замедления при отпускании реле с размыкающим контактом. Одновременность или очередность переключения двух контактов можно определить по одной из схем, изображенных на рис. 34,*д*, *е*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бесконтактные** элементы и системы телемеханики с временным разделением сигналов/ Р. В. Билик, В. А. Жожикашвили, К. Г. Митюшкин, Н. В. Прангишвили. — М.: Наука, 1964. — 415 с.

2. **Гельман Г. А., Соскин Э. А.** Устройство и применение систем телемеханики. — М.: Энергия, 1969 (Б-ка электромонтера. Вып. 272). — 88 с.

3. **Гельман Г. А.** Монтаж и наладка телемеханических устройств. — М.: Энергия, 1967 (Библиотека электромонтера. Вып. 222). — 88 с.

4. **Гольдгоф Б. Г., Лейбзон Я. И., Соскин Э. А.** Автоматизация и телемеханизация энергоснабжения промышленных предприятий. — М.: Энергия, 1964. — 280 с.

5. **Ильин В. А.** Телеуправление и телеизмерение. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергия, 1974. — 408 с.

6. **Левин А. Г.** Опыт наладки устройств телеуправления и телесигнализации типа ТМЭ-1. — Промышленная энергетика, 1971, № 8. с. 9—10.

7. **Митюшкин К. Г., Борисов Г. М.** Устройство телеуправления типа ТМЭ на магнитных элементах. — М.: Энергия, 1969. — 88 с.

8. **Малов В. С., Дмитриев В. Ф.** Кодо-импульсные телеизмерительные системы. — М.: Энергия, 1969. — 192 с.

9. **Мальцев Е. В.** Электронный осциллограф и его применение.— М.: Энергия, 1969. — 280 с.

10. **Телемеханика**/ В. М. Новицкий, Е. И. Гольдштейн, Е. Л. Собакин, Л. В. Траут. — М.: Высшая школа, 1967. — 424 с.

11. **Тутевич В.** Н. Телемеханика. — М.: Энергия, 1973. — 384 с.

12. **Фремкс А. В.** Телеизмерения. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Высшая школа, 1975. — 244 с.

13. **Шкурин Г. Л.** Справочник по электро- и электронно-измерительным приборам. — М.: Воениздат. 1972. — 448 с.

14. **Васильев С. Е., Забарский Б. М., Забокрицкий Е. М.** Справочник по наладке электроустановок и электроавтоматики. — Киев: Наукова думка, 1966. — 712 с.

15. **Справочник** по электроустановкам промышленных предприятий. Наладка электроустановок промышленных предприятий/ Под ред. А. С. Дорофеюка, В. И. Круповича. Т. 3. — М.: Энергия, 1965.— 704 с.

16. **Инструкция** по эксплуатации устройств телемеханики в энергосистемах. — М.: Энергия, 1967. — 72 с.

17. **Правила** устройства электроустановок.—М.: Энергия, 1966.— 464 с.

18. **Правила** технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. — М.: Энергия, 1969. — 352 с.

СОДЕРЖАНИЕ

25 к.